

ISSN 1814-5787

ҚАЗАҚ
ҚАТЫНАС
ЖОЛДАРЫ
УНИВЕРСИТЕТІ



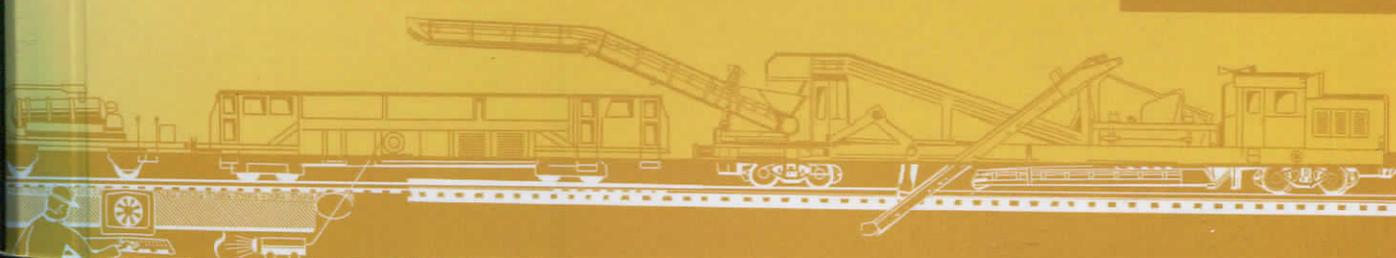
КАЗАХСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ
СООБЩЕНИЯ

ҚАЗАҚСТАН ӨНДІРІС КӨЛІГІ



2021 № 3(72)

ПРОМЫШЛЕННЫЙ ТРАНСПОРТ КАЗАХСТАНА



КАЗАХСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

«Промышленный транспорт Казахстана»

Журнал издается с
сентября 2004 года.

Выходит 4 раза в год.

Собственник-
Учреждение
«Казахский
Университет путей
Собобщения».

Адрес редакции:
Республика Казахстан,
050063, г. Алматы,
мкр. Жетісу-1,
дом 32А,
тел. 8 -727-376-74-78,
факс 8-727-376-74-81,
E-mail: kups1@mail.kz

Журнал
перерегистрирован в
Министерстве
информации и
коммуникаций
Республики Казахстан

Свидетельство
№ 16163-Ж
от 28.09.2016 г.
Индекс 75133

Подписано в печать
22.09.2021 г.
тираж 500 экз.
Зак. № 93.

Отпечатано
ИП "Salem"
г. Алматы,
ул. Ратушного, 80
т. 251 62 75

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**Главный редактор**

Омаров Амангельды Джумагалиевич – д.т.н., профессор, действительный член Международной академии транспорта, Международной академии информатизации, Национальной академии наук машиностроения и транспорта РК, президент Казахского университета путей сообщения

Заместитель главного редактора

Кайнарбеков Асемхан Кайнарбекович – д.т.н., профессор, академик Международной академии информатизации, Национальной академии наук машиностроения и транспорта РК

Ответственный секретарь

Саржанов Тайжан Садыханович – д.т.н., профессор

РЕДАКЦИОННО-АВТОРСКИЙ СОВЕТ

Аманова Маржан Валиевна – к.т.н., PhD, доцент (Республика Казахстан)

Апатцев Владимир Иванович – д.т.н., профессор РУТ (МИИТ) (г. Москва, РФ)

Ахметов Данияр Акбулатович – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

Гоголь Александр Александрович – д.т.н., профессор СПбГУТК им. Бонч-Бруевича (г. Санкт-Петербург, РФ)

Имашева Гульнар Махмутовна – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

Карпущенко Николай Иванович – д.т.н., профессор СибГУПС (г. Новосибирск, РФ)

Каспакбаев Кабдил Султанович – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

Кононова Наталья Петровна – к.э.н., профессор, ректор ОмРИ (г. Омск, РФ)

Муратов Абил Муратович – д.т.н., профессор Республика Казахстан)

Мусаева Гульмира Сериковна – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

Старых Ольга Владимировна – директор ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте» (г. Москва, РФ)

Султангазинов Сулеймен Казиманович – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

Турдалиев Ауезхан Турдалиевич – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

Чеховская Мария Николаевна – д.э.н., профессор ГЭТУТ (г. Киев, Украина)

Шалкаров Абдиашим Абжаппарович – д.т.н., профессор (Республика Казахстан)

МАЗМҰНЫ

ОМАРОВ А.Д., ИСАЕНКО Э.П., КАЙНАРБЕКОВ А.К., ОМАРОВА Г.А. «Релис – станок» жүйесін есептеудің, жобалау мен құрастыруының ғылыми-теоретикалық және әдістемелік негіздерін өндіру сұрақтары.....	5
СУРАШОВ Н.Т., ТОЛЫМБЕК Д.Н. Динамикалық жүктемеге қатысты булдозердің механикалық жүйесінің жұмыс істеуін зерттеу.....	24
АХМЕТОВ Б.С., АБУОВА А.Х. Жасанды нейрондық желіні пайдалану мәселелері темір жол көлігіндегі төтенше жағдайларға байланысты жағдайды тану міндеттерін шешу үшін.....	33
ПАВЛОВА Т.А., САФИН Р.Т., ГАРМАШОВА Ю.М., АКАНОВА Ж.Ж. Ұшқышсыз ұшу аппараттарының сандық оптикалық жүйелері.....	43
ОМАРОВ А.Д., ОМАРОВА К.Т., САРЖАНОВ Т.С., МУСАЕВА Г.С. Қазақстан Республикасының инвестициялық ахуалының әлеуетін нығайту.....	54
КЕМЕЛБЕКОВ Б.Ж., ЛУГАНСКАЯ С.П. Талшықты жарық өткізгіштер мен талшықты-оптикалық кабельдердің механикалық беріктігі.....	62
МУСАЕВ Ж.С., БЕКМАМБЕТ Қ.М., ХАНГЕРЕЕВ Р.Т. Ақаулардың жүк вагоны арбашықтарының құйылған бөлшектерінің қажу беріктігіне әсерін бағалау.....	71
УТЕМАГАНБЕТОВ З.С., НИГМЕТОВА Г.Н., УРБИСИНОВА Б.Т., ТУКИБАЕВА М.А. Екінші ретті сызықтық дифференциалдық теңдеулер үшін аралас шекаралық есепті сандық шешудің шекті жағдайларын беру әдісі (Томас алгоритмі).....	80
ҮМБЕТОВ У., ШИНЫКУЛОВА А.Б. Covid-19 пандемиясында туризмнің дамуы мен теориялық модельдің конструктивті талдауын есепке алу.....	93
КАСПАКБАЕВ К.С., СЕРІКҚҰЛОВА А.Т., ҚҰРМАНҒАЛИЕВ К.Ш., ЖАРҚЫНБЕКОВА С.Ч. Жолаушылар поезддары қозғалысының жоғары жылдамдықтары кезінде қауіпсіздікті қамтамасыз ету.....	105
СҰЛТАНҒАЗИНОВ С.К., ЕСЕНАЛИЕВА Д.А., БЕЙСЕНБЕКОВ А.Б., ӨМІРҒАЗЫНОВ А.А. Ebilock-950 және аралық реттеу жүйесі поезддар қозғалысы (СИРДП-Е).....	113
ОРАЛБЕКОВА А.О., КОЙШИБАЕВА К.Ж., ДАУЛЕТХАНОВА А.М. Френель линзаларының профильдерін және күн қондырғысының жұмыс режимін есептеу.....	123
СУРАШОВ Н.Т., ТОЛЫМБЕК Д.Н. Отвалды түрдегі жерқазу-тасымалдау машиналарының жұмыстық органдарының тиімділігінің дамуы және бағалануы.....	134
БАЯХМЕТОВА А.Т., САРЖАНОВ Т.С., МУСАЕВА Г.С., БАЯХМЕТОВА Ләз.Т. Қаржылық сауаттылық қағазметті құралдарға шешімдерді орындау факторы болып.....	145
БАЙМУХАНБЕТОВ А.Б. Нақты экономика үшін борыштық қаржылық міндеттемелердің салдары.....	159
БӨКЕНҚЫЗЫ А. Техникалық университеттерде ағылшын тілін оқыту.....	168

СОДЕРЖАНИЕ

ОМАРОВ А.Д., ИСАЕНКО Э.П., КАЙНАРБЕКОВ А.К., ОМАРОВА Г.А. Вопросы разработки научно-теоретических и методологических основ расчета, проектирования и конструирования системы «рельс – станок».....	5
СУРАШОВ Н.Т., ТОЛЫМБЕК Д.Н. Исследование процесса работы механической системы бульдозера с учетом динамических нагрузок.....	24
АХМЕТОВ Б.С., АБУОВА А.Х. Вопросы использования искусственной нейронной сети для решения задач распознавания ситуации, связанных с чрезвычайными происшествиями на железнодорожном транспорте.....	33
ПАВЛОВА Т.А., САФИН Р.Т., ГАРМАШОВА Ю.М., АКАНОВА Ж.Ж. Цифровые оптические системы беспилотных летательных аппаратов.....	43
ОМАРОВ А.Д., ОМАРОВА К.Т., САРЖАНОВ Т.С., МУСАЕВА Г.С. Укрепление потенциала инвестиционного климата Республики Казахстан.....	54
КЕМЕЛЬБЕКОВ Б.Ж., ЛУГАНСКАЯ С.П. Механическая прочность волоконных световодов и волоконно-оптических кабелей.....	62
МУСАЕВ Ж.С., БЕКМАМБЕТ К.М., ХАНГЕРЕЕВ Р.Т. Оценка влияния дефектов на усталостную прочность литых деталей тележек грузового вагона.....	71
УТЕМАГАНБЕТОВ З.С., НИГМЕТОВА Г.Н., УРБИСИНОВА Б.Т., ТУКИБАЕВА М.А. Метод переноса краевых условий (алгоритм Томаса) численного решения смешанной краевой задачи для линейных дифференциальных уравнений второго порядка.....	80
УМБЕТОВ У., ШИНЫКУЛОВА А.Б. Конструктивный анализ теоретической модели развития туризма с учетом пандемии Covid-19.....	93
КАСПАКБАЕВ К.С., СЕРИККУЛОВА А.Т., КУРМАНГАЛИЕВ К.Ш., ЖАРКИНБЕКОВА С.Ч. Обеспечение безопасности при повышенных скоростях движения пассажирских поездов.....	105
СУЛТАНГАЗИНОВ С.К., ЕСЕНАЛИЕВА Д.А., БЕЙСЕНБЕКОВ А.Б., ОМИРГАЗЫНОВ А.А. Ebilock-950 и система интервального регулирования движения поездов (СИРДП-Е).....	113
ОРАЛБЕКОВА А.О., КОЙШИБАЕВА К.Ж., ДАУЛЕТХАНОВА А.М. Расчет профилей линз Френеля и режима работ солнечной установки.....	123
СУРАШОВ Н.Т., ТОЛЫМБЕК Д.Н. Разработка и оценка эффективности рабочих органов землеройно-транспортных машин отвального типа.....	134
БАЯХМЕТОВА А.Т., САРЖАНОВ Т.С., МУСАЕВА Г.С., БАЯХМЕТОВА Ляз.Т. Финансовая грамотность как фактор, способствующий принятию решения об инвестировании в ценные бумаги.....	145
БАЙМУХАНБЕТОВ А.Б. Последствия долговых финансовых обязательств для реальной экономики.....	159
БОКЕНКЫЗЫ А. Преподавание английского языка в технических университетах.....	168

CONTENTS

OMAROV A.D., ISAYENKO E.P., KAYNARBEBEKOV A.K., OMAROVA G.A. Issues of development of scientific-theoretical and methodological foundations of calculation, design and construction of the rail –machine system.....	5
SURASHOV N., TOLYMBEK D. Study of the process of operation of the mechanical system of the bulldozer taking into account dynamic loads.....	24
AKHMETOV B.S., ABUOVA A.Kh. Questions of using an artificial neural network to solve the problems of recognizing the situation associated with emergencies on railway transport.....	33
PAVLOVA T.A., SAFIN R.T., GARMASHOVA Yu.M., AKANOVA Zh.Zh. Digital optical systems of unmanned aerial vehicles.....	43
OMAROV A.D., OMAROVA K.T., SARZHANOV T.S., MUSAYEVA G.S. Strengthening the potential of the investment climate of the Republic of Kazakhstan.....	54
KEMELBEKOV B.Zh., LUGANSKAYA S.P. Mechanical strength of fiber light guides and fiber optic cables.....	62
MUSAEV Zh.S., BEKMAMBET K.M., KHANGEREEV R.T. Evaluation of the effect of defects on the fatigue strength of cast parts of freight car bogies.....	71
UTEMAGANBETOV Z.S., NIGMETOVA G.N., URBISINOVA B.T., TUKIBAYEVA M.A. Boundary condition transfer method (Thomas algorithm) numerical solution of a mixed boundary value problem for second-order linear differential equations.....	80
UMBETOV U., SHYNYKULOVA A.B. Constructive analysis of the theoretical model development of tourism taking into account the Covid-19 pandemic.....	93
KASPAKBAYEV K.S., SERIKKULOVA A.T., KURMANGALIEV K.Sh., ZHARKINBEKOVA S.Ch. Ensuring safety at high speeds of passenger trains.....	105
SULTANGAZINOV S.K., YESENALIEVA D.A., BEISENBEBEKOV A.B., OMIRGAZYNOV A.A. Ebilock-950 and interval control system train movements (SIRDP-E).....	113
ORALBEKOVA A.O., KOYSHIBAEVA K.ZH., DAULETKHANOVA A.M. Calculation of Fresnel lens profiles and the operating mode of the solar installation.....	123
SURASHOV N.T., TOLYMBEK D.N. Development and evaluation of the efficiency of the working bodies of dump-type digging transportation machines.....	134
BAYAKHMETOVA A.T., SARZHANOV T.S., MUSAYEVA G.S., BAYAKHMETOVA Lyaz.T. Financial literacy as a factor promoting decision to invest in securities.....	145
BAIMUKHANBETOV A.B. Consequences of debt financial obligations for the real economy.....	159
BOKENKYZY A. Teaching english in technical universities.....	168

УДК 656:216

ОМАРОВ А.Д. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ИСАЕНКО Э.П. – д.т.н., профессор (Российская Федерация, г. Белгород, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова)

КАЙНАРБЕКОВ А.К. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ОМАРОВА Г.А. – к.э.н., PhD, профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ВОПРОСЫ РАЗРАБОТКИ НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ РАСЧЕТА, ПРОЕКТИРОВАНИЯ И КОНСТРУИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ «РЕЛЬС – СТАНОК»

Аннотация

В статье рассмотрены вопросы повышения уровня эффективности и надежности функционирования железных дорог и увеличение безопасности движения поездов за счет дальнейшей углубленной разработки научно-теоретических и методологических основ расчета, проектирования и конструирования средств малой путевой механизации для ремонта рельсов их обрезкой в пути абразивными дисками. Исследованы процессы взаимодействия абразивного диска и высокопрочных рельсов с учетом нестационарности и высокой термонапряженности взаимодействия. Выявлены количественные характеристики процессов абразивного резания, определяющие производительность, энергоемкость, термонапряженность, износ рабочих инструментов. Определены режимы работы переносного станка, обеспечивающие наибольшую производительность и наименьший износ рабочих инструментов, тепловыделение и стоимость операции.

Ключевые слова: *безопасность движения, объем перевозок, грузооборот, железнодорожный путь, рельс, станок, абразивный диск.*

Введение.

Текущее содержание и ремонт рельсов в условиях роста протяженности подъездных и магистральных железнодорожных путей, величины осевых нагрузок, объема перевозок и грузооборота относится к числу важнейших работ, определяющих безопасность и эффективность движения поездов. Основной задачей текущего содержания пути, на которые приходится наибольший объем операции обрезков рельсов, является обеспечение безопасного и бесперебойного движения поездов без снижения установленных наибольших скоростей из-за состояния пути и сооружений. Эта задача должна решаться содержанием пути в постоянной исправности на всем его протяжении выявлением и своевременным устранением причин в зоне возникновения неисправностей как всего пути, так и отдельных его элементов. Главным в текущем содержании является предупреждение появления неисправностей и быстрейшее их устранение. В этих условиях становится актуальной проблема модернизации и создания новых высококачественных переносных рельсорезных станков, чтобы повысить низкий уровень механизации соответствующих работ, сделать легче и производительнее труд путевых рабочих. Решение этой задачи и организация производства новых механизированных путевых инструментов возможны лишь на основе разработки достаточно полных теорий взаимодействия рельсообрабатывающего инструмента и рельсов, инженерных методов расчета и проектирования станков и методик их конструирования.

Целью работы является повышение уровня эффективности и надежности функционирования железных дорог и увеличение безопасности движения поездов за счет дальнейшей углубленной разработки научно-теоретических и методологических основ

расчета, проектирования и конструирования средств малой путевой механизации для ремонта рельсов их обрезкой в пути абразивными дисками.

Основная часть.

На железных дорогах мира используют множество разнообразных станков для резания рельсов, различающихся способом и методом резания. Эти станки должны удовлетворять ряду требований:

1. Технические средства должны обрабатывать термически упрочненные и перспективные высокопрочные рельсы тяжелых типов Р65 и Р75.
2. Срез рельса не должен иметь прижогов, микротрещин, задигов и заусениц.
3. Средняя продолжительность резания термически упрочненных рельсов типа Р75, согласованная со средней продолжительностью «окна», должна быть не более 10 ± 4 мин, а время резания упрочненных рельсов 7 ± 1 мин.
4. Масса переносных станков в соответствии с санитарными нормами при 2...3 работающих не должна превышать 60 ± 30 кг.
5. Стойкость инструмента, исходя из экономических соображений и средних объемов работ, должна обеспечивать не менее 10 разрезов нетермоотработанных рельсов и не менее 4 ± 1 разрезов термоупрочненных рельсов.
6. Мощность источников энергоснабжения должна быть не более 2...4 кВт; желательно применение индивидуального привода.
7. Обслуживание и ремонт должны быть простыми, оборудование должно быть быстросъемным и пр.

Исходя из этого комплекса требований, выполним краткий обзор и дадим оценку способов резания рельсов.

Первый способ резания – холодное резание ножовочными полотнами, ленточными пилами, зубчатыми дисковыми пилами, гладкими дисковыми фрикционными пилами, зубилами, ножами и пр.

Второй способ резания – газодуговая резка железнодорожных рельсов, в том числе и закаленных (соответствующее оборудование выполнено как в виде обычных резаков с массой около 20 кг, так и специальных станков).

Третий способ резания – электроэрозионный (амодно-механический, электроискровой, электроконтактный и т.п.). Его производительность мало зависит от механических свойств разрезаемого изделия. Однако он требует использования специального оборудования и источников питания, что затрудняет его использование в полевых условиях.

Четвертый способ резания – лазерное и газолазерное. Этот способ может стать перспективным, когда будут созданы мощные и дешевые источники лазерного излучения.

Пятый способ резания – резание абразивными отрезными дисками. Этот способ – один из наиболее высокопроизводительных, позволяющих разрезать как «сырые», так и высокопрочные рельсы. Качество поверхности среза может быть высоким. Опыты показали, что отсутствие или наличие дефектного слоя металла на поверхности среза зависит от режима работы станка и может быть сведено до минимума.

Существенным является также то обстоятельство, что максимальная эффективность абразивного оборудования может быть достигнута при автоматизированном режиме работы с использованием системы управления, которая поддерживает постоянную скорость резания и подачу диска при уменьшении его диаметра за счет износа. При ручной же подаче возможны нежелательные изменения микро- и макроструктуры среза, прижоги, перекосы, заклинивания и разжоги, перекосы, заклинивания и разрывы абразивных дисков.

Главный показатель работы – продолжительность одного разреза рельса для станков в среднем при резании незакаленного рельса типа Р65 составляет 4 мин. Масса станков –

от 20 до 52 кг (однако некоторые фирмы приводят величину массы лишь режущего блока без учета рамы). Мощность источника энергии – от 2,5 до 6 кВт. Средняя долговечность диска при разрезании незакаленных рельсов типа Р65 составляет 5 разрезов. Частота вращения дисков – 5100...14580 об/мин, что при диаметрах диска (220...500) мм обеспечивает его окружную скорость 60...100 м/с. Механизм вращения диска чаще всего клиноременный или зубчатый, иногда снабженный фрикционной предохранительной муфтой. Толщина диска около 3 мм, диски армированы стекловолокном.

Комплексные технические показатели качества станков находятся как следующее отношение:

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^n M_i (a_{ij} / a_{i3j})}{\sum_{i=1}^n M_i}, \quad (1)$$

где n – количество единичных показателей в комплексе, по которым оценивается уровень качества станка;

j – номер станка;

$1 \leq j \leq 13$;

i – номер показателя: $i = 3$;

M_i – экспертный коэффициент весомости i -го показателя;

a_{ij} – значение i -го показателя j -го станка (таблица 1);

a_{i3} – эталонный i -й показатель (таблица 1, обведено).

Удельная энергоёмкость абразивного резания значительно выше, чем других видов резания. При этом она, как становится ясно, зависит от режима обработки и может быть сведена до минимума, так как складывается из энергии, затрачиваемой на образование стружки, пластическую деформацию и трение между площадками износа на абразивных зернах и поверхностью разрезаемого рельса. При этом на трение по торцам диска приходится до 50% всей энергии, и было бы весьма заманчиво до предела снизить его.

Является общеизвестным фактом то обстоятельство, что «осцилляции» диска снижают затраты энергии и тепловыделение. Однако убедительных теоретических объяснений этого факта до сих пор не представлено. Нуждаются в уточнении и оптимальные параметры «осцилляции».

Таблица 1 – Единичные показатели качества станков для резания рельсов абразивными дисками

Оцениваемый станок	Единичные показатели при резании рельса		
	a_1 , кг	a_2 , кВт	a_3 , мин
1 Россия, УЭМИИТ	125	13	3
2 Австрия, Plasser and Theurer, AR-80	44	4,1	4
3 Россия, РА-2	80	5,5	1
4 Россия, РМК-6	35	3,65	6
5 Швейцария, Meier and wettstein K-1200	30	5,3	4
6 Германия, Gustan and meier	35	2,94	9,5

7	Франция, Pougé, TR-3-12	26	5,6	3
8	США, Partner, K-125	30	2,2	4
9	США, Safetrún	27	2,6	3
10	ФРГ, Rodel, 13.80 meier	20	4,6	3
11	США, Modern Trach Maschining	20	3	3
12	Франция, Geistar	30	2,2	-
13	США, Racine, Trach Gat	-	2,2	-
	Эталон	20	2,2	1
	Коэффициент весомости	0,5	0,3	0,2

Таким образом, намечаются следующие направления решения задач совершенствования станков для резания рельсов абразивными дисками:

- улучшение показателей процесса резания рельсов абразивными дисками и путей управления этими показателями;
- уточнение комплекса взаимозависимостей характеристик элементов системы «рельс – диск – станок», режимов работы и показателей станка;
- конструктивное совершенствование станков, направленное в первую очередь на снижение деформации их деталей и повышение КПД.

Резание рельсов абразивными дисками относится к обработке металлов режущим инструментом с переменными и случайными значениями характеристик последнего вследствие неопределенной формы режущих зерен и случайного их расположения в связке по периферии диска. Указанные обстоятельства существенно отличают резание рельсов абразивными дисками в полевых условиях от соответствующей обработки изделий с постоянным или плавно изменяющимся поперечным сечением на мощных стационарных станках с фиксированной подачей (исследования В.В. Королева, Н.И. Боголюбова, Эштг, Фармера и Шоу и др.). В работах же Л.И. Горохова, Р.Д. Сухих, Н. Акарпова, В.И. Лобанова, Л.В. Чукаева и др. использован, преимущественно, эмпирический подход, который хотя и дал существенные положительные материалы, но ряд моментов взаимодействия дисков и рельсов прояснил не до конца.

Если процесс резания изделий абразивными дисками рассматривать более пристально, то выясняется, что сила резания нелинейно зависит и от площади A контакта диска с изделием или, при фиксированной толщине диска B_d , от длины L_{dk} линии контакта диска с изделием. Связывают это обстоятельство не только с тем, что $\mu = f(f_n) = F_n/L_{dk}B_d$, но и с изменяющимися условиями размещения стружки между абразивными зернами, которая может мешать резанию (рисунок 1):

$$F_c = L_{dk}B_d(C_p + C_d f_n), \quad (2)$$

где C_p и C_d – коэффициенты зависимости силы резания от фактической площади контакта, зависящие от свойств материалов диска и изделия).

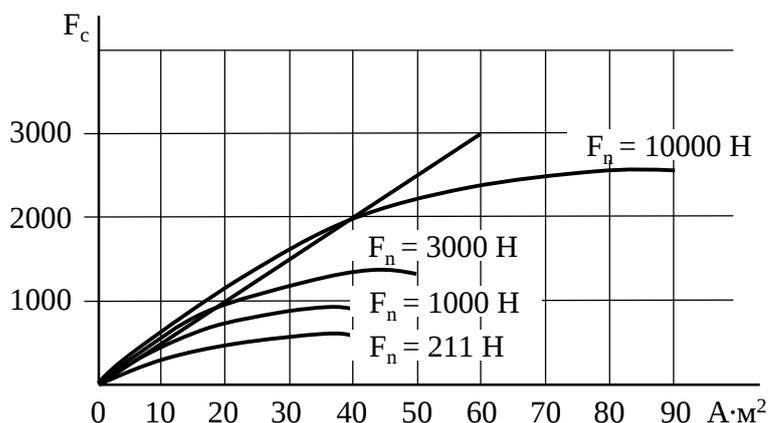


Рисунок 1 – Зависимость силы резания от площади контакта

Производительность резания в первую очередь зависит от величины подачи, увеличиваясь с ростом последней. Между производительностью Π шлифования и скоростью подачи V_n абразивного диска имеет место следующее соотношение:

$$\Pi = \sqrt[n]{\frac{C}{V_n}}, \quad (3)$$

где n и C – постоянные величины, определяемые эмпирически).

Все исследователи сходятся во мнении о прямой пропорциональной зависимости между производительностью резания абразивными дисками и скоростью резания (окружной скоростью точки контакта диска с рельсом).

Зависимость производительности от длины линии контакта диска с рельсом также нелинейна, вероятно, в первую очередь из-за того, что при фиксированных силе подачи и толщине диска длина контакта определяет удельную силу подачи (рисунок 2).

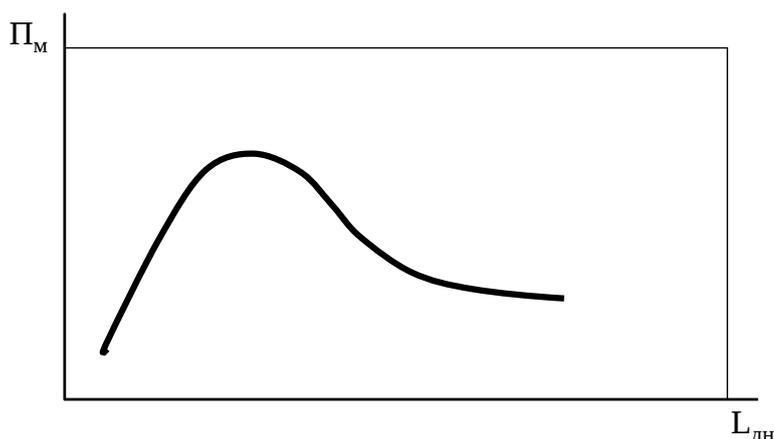


Рисунок 2 – Зависимость производительности резания абразивными дисками от длины линии контакта

Затраты энергии на выполнение одного разреза рельса определяется следующим образом:

$$W_1 = W_{y\partial} V_1 = W_{y\partial} A_p B_{\partial} = W_{y\partial} \Pi t_1 \quad (4)$$

где $W_{y\partial}$ – удельная энергия резания, Дж/м³;
 V_1 – объем металла, отрезанный с рельса за один разрез его, м³;
 A_p – площадь поперечного сечения разрезанного рельса, м²;
 t_1 – время одного разреза рельса, с.

Требуемая мощность источника энергии:

$$P_{\partial} = \frac{W_1}{t_1 \eta_0} = \frac{F_c V_{\partial}}{\eta_0} = \frac{T_c W_{\partial}}{\eta_0}, \quad (5)$$

где η_0 – общий КПД станка.

При увеличении скорости подачи (V_n) растет толщина стружки (δ_c) и в результате уменьшается удельная энергия (рисунок 3). Нами приведена следующая зависимость:

$$W_{y\partial} = \frac{2,54 V_{\partial}^{0,28} 2,54 Z^{0,2}}{(V_n^{0,41} L_{\partial k}^{0,06})}, \quad (6)$$

где Z – номер зернистого диска.

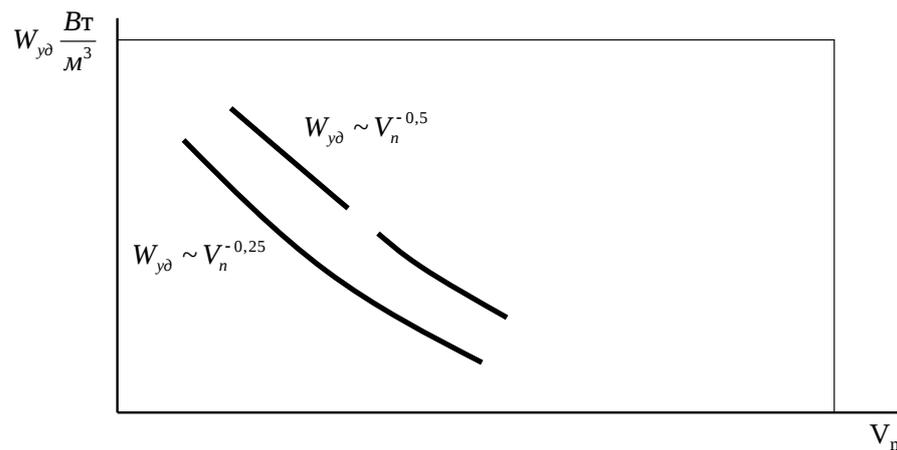


Рисунок 3 – Зависимость удельной энергии от скорости подачи

На рисунке 3 показана зависимость удельной энергии $W_{y\partial}$ от скорости подачи. Этот рисунок иллюстрирует то обстоятельство, что $W_{y\partial}$ уменьшается по мере увеличения скорости резания; это происходит приблизительно в соответствии с нижеследующим соотношением:

$$W_{y\partial} \sim \frac{1}{V_n}. \quad (7)$$

Удельная энергия также уменьшается при уменьшении размера зерна. Это происходит потому, что абразивные диски с мелким зерном обнаруживают пониженную твердость и поэтому сохраняют режущую способность, несмотря на образование более мелкой стружки.

При применении диска с зерном меньшего размера оно оказывается более «острым» и усилие резания уменьшается. Толщина стружки при резании абразивными дисками с

основной нефиксированной подачей идентична глубине резания t при подаче кинематической (рисунок 4).

Полученные сведения позволяют сделать важный практический вывод о возможности достичь постоянства мощности двигателя привода станка при изменении скорости резания (за счет износного уменьшения диаметра диска) путем изменения глубины резания, т.е. удельной силы подачи.

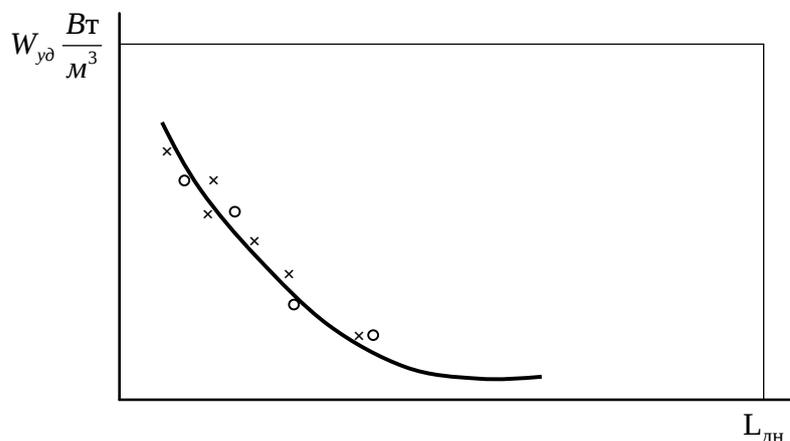


Рисунок 4 – Зависимость удельной энергии от длины линии контакта

Характер зависимости контактной температуры от длины линии контакта сложный (рисунок 5)

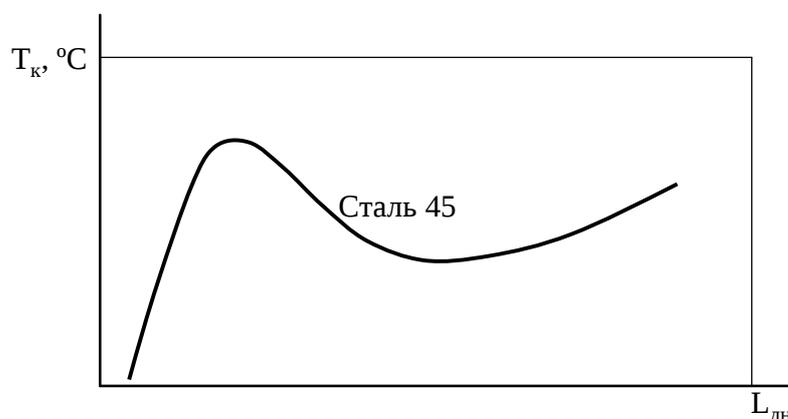


Рисунок 5 – Зависимость контактной температуры от длины линии контакта

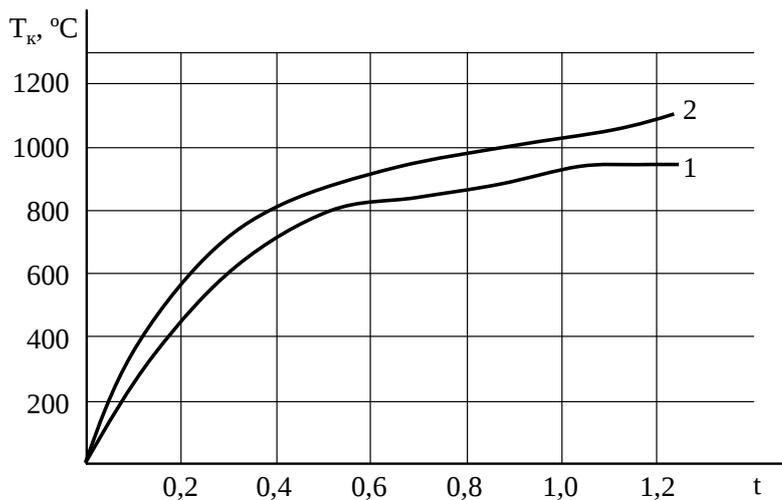
Последним рассмотрим такой показатель процесса резания, как тепловыделение.

На первых пяти миллиметрах среза температура возрастает и в дальнейшем понижается при увеличении длины контакта. В дальнейшем длина линии контакта уменьшается, и температура опять возрастает, причем более интенсивно, в результате действия краевого эффекта.

С увеличением толщины и ширины среза температура возрастает. Закономерность изменения температуры от глубины резания при различном состоянии рабочей поверхности диска (рисунок 6) свидетельствует о том, что при малых глубинах резания ($t < 0,01$ мм) влияние приработавшейся поверхности на тепловые явления в зоне резания оказывается менее значительным, чем при больших глубинах ($t > 0,01$ мм).

Экспериментальные исследования, которые сделаны во ВНИИЖТе, подтвердили, что при резании рельсов с помощью абразивных дисков фирмы «Тиролит» (Австрия)

операция произошла практически без прижогов.



1 – диск после правки; 2 – диск после съема 30 мм

Рисунок 6 – Влияние глубины резания на температуру в зоне контакта

Критерием выбора отрезного диска обычно является минимальный износ диска, приходящийся на съём единицы объема материала разрезаемого рельса. В связи с этим износ дисков является предметом многочисленных исследований. Большинство из этих исследований эмпирические и направлены на практическое решение конкретных проблем резания.

Из условия ограничения необходимой мощности двигателя станка и других соображений рациональный диаметр диска рельсорезного станка составляет величину 0,3...0,4 м.

Рекомендации по рациональному материалу диска, связке, твердости, зернистости, пористости и пр. приведены в работах Ф.Н. Дроздова, Г.Ф. Володька и др.

В дальнейшем было бы желательным построить номограмму для определения рациональных размеров и характеристик дисков.

Скорость подачи диска:

$$V_n = \frac{S_n n_{\partial}}{60} = \frac{S_n V_{\partial}}{\pi D_{\partial}}, \quad (8)$$

где n_{∂} – частота вращения абразивного диска, об/мин;

D_{∂} – диаметр диска, м.

Снижение контактной температуры при работе станка и обеспечение требуемого качества среза может быть достигнуто за счет:

- уменьшения зернистости диска;
- увеличения коэффициентов теплопроводности, теплоемкости и др.;
- уменьшения скорости резания;
- уменьшения площади контакта $A = L_{\partial k} B_{\partial}$, что возможно за счет уменьшения $L_{\partial k}$, B_{∂} и μ ; возможности регулирования B_{∂} ограничены; реальным является путь снижения μ за счет небольших периодических дополнительных перемещений диска.

При исследовании варьировались:

- скорость резания (окружная скорость диска) $V_{\partial} = 50 \dots 100$ м/с;

- удельная сила подачи $f_n = (0,22...1,45) \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$

На рисунке 7 показано изменение температуры в зависимости от расстояния до поверхности контакта. Этот рисунок иллюстрирует толщину дефектного слоя при условии $T > [T] = 450^\circ\text{C}$. Например, при скорости подачи $V_n = 3,72 \text{ мм/с}$ $\delta < 0,95$; $V_n = 4,21 \text{ мм/с}$ $\delta < 0,85$; $V_n = 4,65 \text{ мм/с}$ $\delta < 0,75$ и т.д.

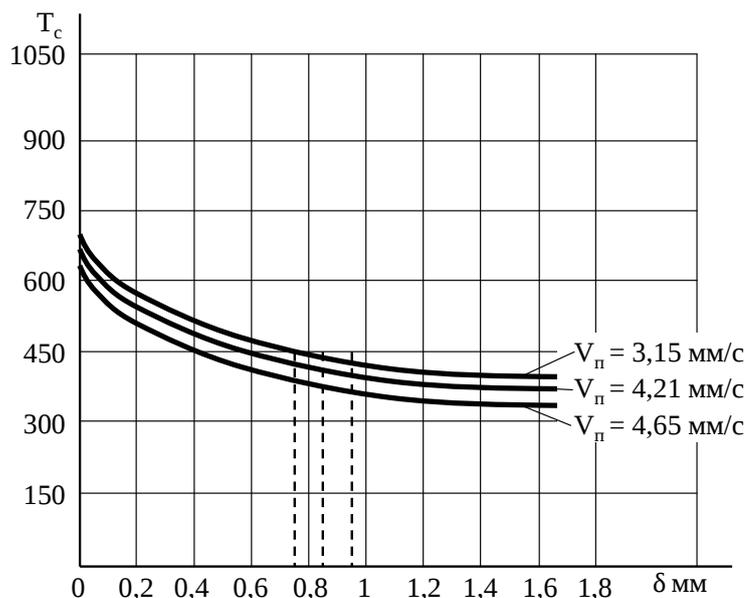
Мощность двигателя и силы, действующие на детали станка, существенно зависят от недостаточно освещенного в имеющейся литературе и нуждающегося в уточнении коэффициента резания μ , особенно в связи с твердостью НВ (Н/м^2) разрезаемого рельса. Однако широко распространено мнение о том, что μ не зависит от НВ, и абразивными дисками одинаково режутся как мягкие, так и твердые рельсы. Но Виккерсу же имеет место обратная зависимость коэффициента абразивного резания от твердости материала разрезаемого рельса:

$$\mu \approx \frac{\alpha_0}{HV^{n_0}}, \quad (9)$$

где α_0 – постоянная величина ($\alpha_0 = 13 \pm 0,38$);

n_0 – то же ($0,7 \pm 0,11$);

HV – твердость разрезаемого рельса по Виккерсу.



δ – расстояние от плоскости среза

Рисунок 7 – Температурные поля в рельсе Р50 при абразивном резании его с различной подачей диска и скоростью резания $V_d = 80 \text{ м/с}$

Такого же мнения придерживается и Р.Д. Сухих, определяя $\mu = f(1/f_n; 1/K_t)$ экспериментально (таблица 2), исходя из условия:

$$\mu \approx \frac{P_\delta^3 \eta}{f_n B_\delta L_{\text{дк}} V_\delta K_t} \text{ при } 1 < K_t < 1,65. \quad (10)$$

Таблица 2 – Экспериментально найденные значения коэффициента абразивного резания, $K_t = 1 \pm 0,25$

Сила подачи, Н	30	50	70	90	110	130	150	170	190	200
Удельная сила подачи $f_n \cdot 10^6 \text{ Н/мм}^2$	0,22	0,36	0,51	0,65	0,79	0,94	1,09	1,23	1,38	1,45
Коэффициент резания $\mu \pm 0,05$	1,95	1,35	1,00	0,80	0,70	0,62	0,60	0,58	0,58	0,57

При использовании метода Лагранжа результаты экспериментов при $K_t = \text{const}$ аппроксимированы автором диссертации следующим образом (рисунки 8, 9):

$$\mu = [(20 \pm 6) - (257 \pm 62)F_n + (1536 \pm 387)F_n^2 - (5181 \pm 1421)F_n^3 + (10750 \pm 3197)F_n^4 - (14245 \pm 4538)F_n^5 + (12098 \pm 4079)F_n^6 - (6373 \pm 2249)F_n^7 + (1596 \pm 694)F_n^8 - (243 \pm 93)F_n^9] \sqrt{K_t} \quad (11)$$

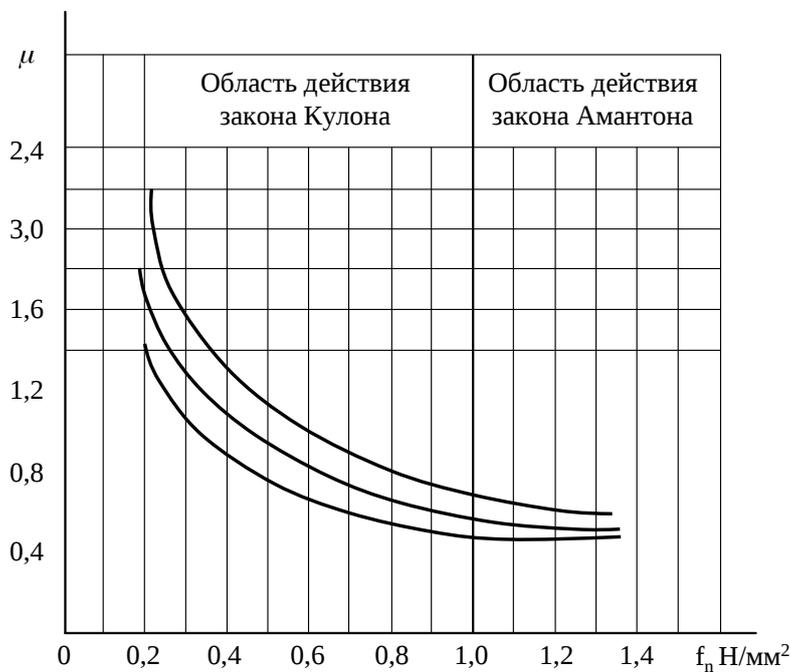


Рисунок 8 – Зависимость коэффициента резания μ от удельной силы подачи, найденной экспериментально при $k_t \approx (1 \pm 0,25) = \text{const}$

Функция $\mu \approx f \frac{1}{f_n}$ существенно нелинейна с двумя ярко выраженными зонами I и II и имеет минимум в области упругопластических деформаций при силе подачи:

$$F_n = \frac{\left(\frac{7,5 HB^5}{\Delta^2}\right) \cdot (1 - \mu_n)^4}{E^4} \quad (f_n > 1 \cdot 10^6 \text{ Н/мм}^2), \quad (12)$$

где Δ – параметр шероховатости $\Delta = \frac{R_{\max}}{R^{1/j} b}$, где $b = 0,6 \dots 2$ и $j = 1 \dots 2$ – константы

микрогеометрии поверхности стального рельса (значение Δ в общем случае меньше 0,1);

μ_n – коэффициент Пуассона для материала рельса;

E – модуль упругости материала рельса;

R_{\max} – наибольшая высота неровностей профиля диска;

R – радиус единичной неровности, значение, которое определяется состоянием зерна на диске, его формой и пр.;

$\rho < R < R_g$, ρ – радиус контактирующего с изделием выступа на зерне правильной формы;

R_g – радиус абразивного зерна при его относительно правильной форме.

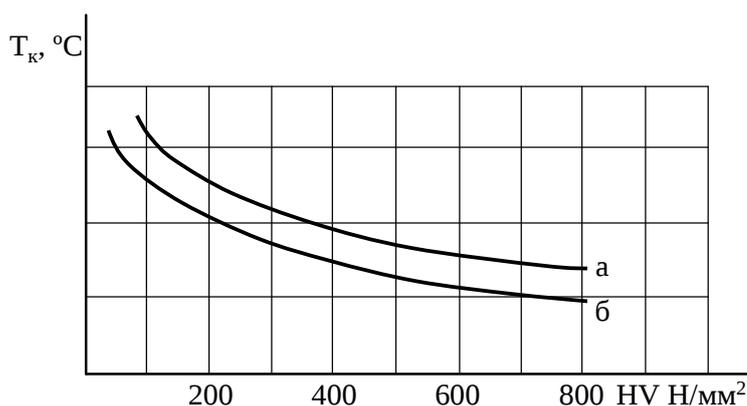
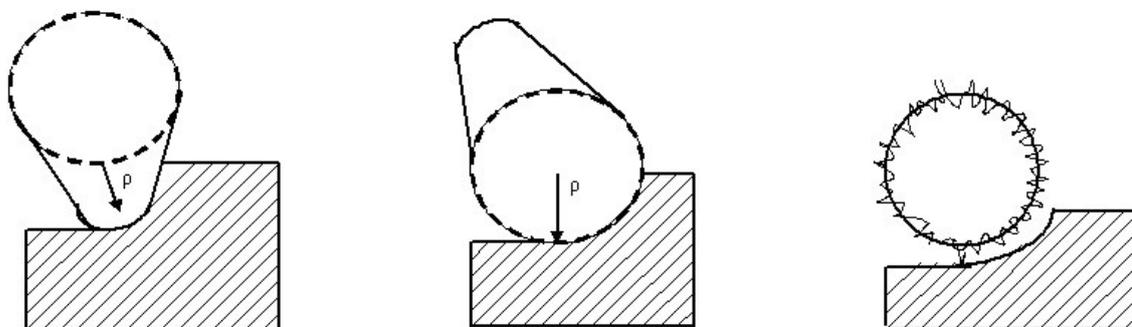


Рисунок 9 – Характер зависимости коэффициента резания от твердости материала рельса без дополнительных перемещений диска (а) и с ними (б)

Притом, с точки зрения производительности, лучшим является случай по рисунку 10, а; с точки зрения энергоемкости и износостойкости, – по рисунку 10, б.

Кроме того, опыты И.В. Крагельского и Г.Я. Ямпольского показали, что при высокопроизводительном абразивном резании (при достаточно больших F_n и $h_{\text{кин}}$) преобладающую роль играют пластические деформации, когда:

$$F_c = F_n \left[\left(\frac{0,23}{R_g} \right) \sqrt{\frac{F_n}{HB}} + B + \left(\frac{\tau_o}{HB} \right) \right]. \quad (13)$$



а) зерна с относительно острым выступом

б) зерно относительно правильной формы

в) возможное положение зерен на периферии диска

Рисунок 10 – Схема взаимодействия абразивных зерен и рельса

При тщательных исследованиях было установлено, что коэффициент резания μ несколько меняется с изменением скорости резания, контактной температуры T (рисунок 11) и от продолжительности контакта t диска с рельсом (рисунок 12).

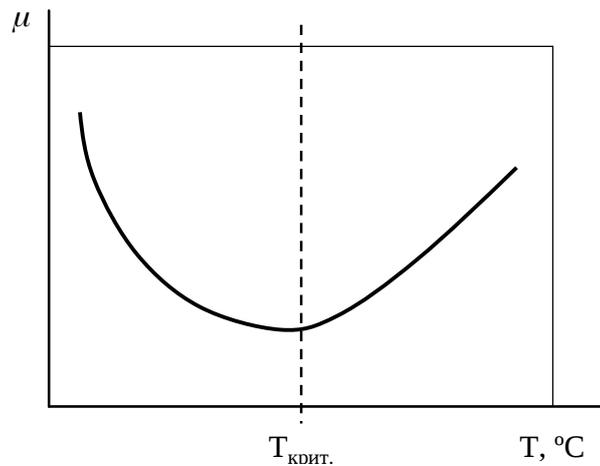


Рисунок 11 – Зависимость коэффициента резания от температуры

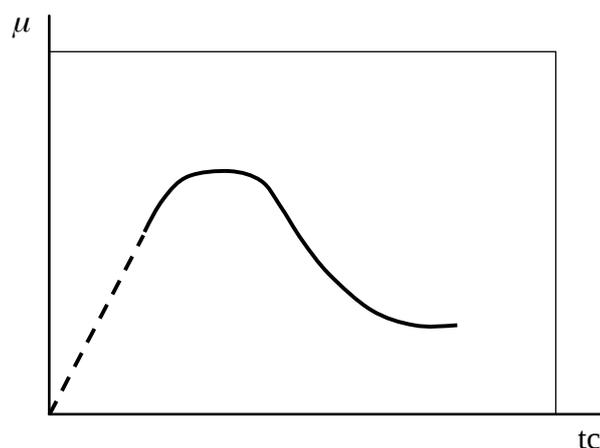


Рисунок 12 – Зависимость коэффициента резания от продолжительности контакта диска с рельсом

Так что в общем случае

$$\mu = [(20 \pm 6) - (257 \pm 62)f_n + (1536 \pm 387)f_n^2 - (5181 \pm 1421)f_n^3 + (10750 \pm 3197)f_n^4] \frac{K_{\mu v} K_{\mu m}^n K_{\mu t i}}{K_t}, \quad (14)$$

где $K_{\mu v}$ – функция, определяющая зависимость коэффициента абразивного резания от скорости резания; $K_{\mu v} = \exp(-\alpha_{\mu v} V_d)$;

$K_{\mu m}$ – то же, от температуры; $K_{\mu m} = \exp(B_{\mu m} \Delta T)$;

$K_{\mu t i}$ – то же, от времени взаимодействия диска с рельсом; $K_{\mu t i} = C_{\mu t i} - (\alpha_{\mu t i} - 1) \exp(B_{\mu t i} t_1)$.

Режим наименьшей мощности резания методом дифференцирования функции мощности резания $P_c = F_c V_d = \mu f_n L_{\delta k} B_d V_d$ определить затруднительно ввиду

приближенного характера аппроксимации функции $\mu = f(f_n)$. Поэтому данная задача решена численным методом с помощью ЭВМ. Найдено, что P_{cmin} имеет место при $f_{np} > 1 \cdot 10^6$, Н/м², что хорошо согласуется с экспериментальными результатами. То же самое

$$W_1 = P_c t_1 = \frac{P_c A_p B_d}{\left(\frac{K_{np} f_n V_d}{K_t} \right)} \quad \text{и}$$

можно сказать по поводу режима наименьших энергозатрат

$$W_{y\partial} = \frac{W_1}{V_p} = \frac{W_1}{t_1 \Pi} = \frac{W_1}{\left(\frac{t_1 K_{np} f_n V_d}{K_t} \right)}$$

удельных энергозатрат принятых функций $t_1 = f(f_n)$ и $\Pi = f(f_n)$ ввиду приближенного характера

О тепловыделении можно высказать следующие соображения:

- при $f_n < f_{min} = (0,85 \pm 0,02) \cdot 10^6$, Н/м² тепловыделение невелико вследствие малости P_c , $T_k < [T_k]$, подача невелика, режим малопроизводителен;

- при $f_{min} < f_n < f_{nt} = (1 \pm 0,25) \cdot 10^5$, Н/м² тепловыделение велико из-за большого μ , $T_k > [T_k]$, режим нерационален;

- при $f_n = f_{nt} = (1 \pm 0,25) \cdot 10^6$, Н/м² тепловыделение невелико вследствие малости μ и $F_c V_d = [F_c V_d]$, $T_k < [T_k]$, режим оптимален, $T_k = K_{ft} (F_c V_d) < [T_k]$;

- при $f_n \gg f_{nt} = (1 \pm 0,25) \cdot 10^6$, Н/м² и $F_c V_d \gg [F_c V_d]$ тепловыделение велико из-за большого $F_n V_d$ (даже при малых F_n), $T_k > [T_k]$, режим нерационален.

Говоря об экономическом оптимальном режиме резания, следует иметь в виду, что стоимость операции разрезания будет минимальной при подаче несколько больше той, которая соответствует наименьшему износу диска. Стоимость одного разреза складывается из следующих элементов:

- стоимости машинного, рабочей силы и накладных расходов за период разреза;
- стоимости объема диска, израсходованного на один разрез;
- стоимости вспомогательной части цикла;
- стоимости замены диска, отнесенной к одному разрезу.

Экономически оптимальным по этому критерию будет режим, обеспечивающий минимальные приведенные денежные затраты:

$$D_3 = \frac{t}{q} C_m + \frac{t_{cm} C_m + C_u}{q}, \quad (15)$$

где t/q – среднее машинное время, затраченное на единичную операцию обработки рельса за период стойкости инструмента;

C_m – стоимость единицы времени работы станка с учетом затрат на его эксплуатацию, ремонт, амортизацию и нормативной эффективности капитальных вложений;

t_{cm} – время, необходимое для замены инструмента;

C_u – затраты на эксплуатацию инструмента, C_u тем меньше, чем меньше среднее время, затраченное на одну операцию, выполняемую инструментом за период его стойкости.

Высокие требования, предъявляемые к средствам малой путевой механизации, требуют для своей реализации большой конструкторской работы. Существенной и начальной частью ее является выбор схемы – вида и количества кинематических звеньев и кинематических пар, последовательности их расположения, ориентации и пр., во многом определяющей последующие достоинства или недостатки механизма. Естественно, что

это рассмотрение, анализ и выбор оптимального варианта по принятым ограничениям и критериям требуют от конструктора опыта и творческого подхода.

Наиболее общими ограничениями при структурном синтезе являются следующие:

- подвижность W механизмов движения ($W = 1$) станков и механизмов подачи дисков ($W = 1$ или 2; вторая подвижность обеспечивает дополнительное движение абразивного диска);

- вид кинематических звеньев – наиболее простые в устройстве и изготовлении кинематические звенья: рычаги, ползуны, винты и гайки, зубчатые колеса, шкивы с ремнями, звездочки с цепями, катки;

- кинематические пары – вращательные (В), поступательные (П) винтовые (III) одноподвижные P1 и двухподвижные P2, наиболее технологичные и износостойкие;

- механизмы в целом – простые не замкнутые, замкнутые одноконтурные и комбинированные.

Оценочные критерии структурных вариантов механизмов:

- минимальность числа кинематических звеньев и кинематических пар, позволяющего реализовать требуемое изменение движения;

- минимальность плеч действующих сил;

- максимальность жесткости деталей;

- максимальность потерь энергии на трение и сил инерции;

- максимальность плавности хода инструмента и неизменность силы подачи;

- возможность автоматизации работы, простота конструкции, ее безопасность;

- самоустанавливаемость и пр.

Многие из указанных критериев трудно выразить аналитически, поэтому при синтезе важен опыт и конструкторская интуиция.

В том случае, когда последовательность составных частей несущественна, выборка элементов этих частей неупорядочена. В этом случае количество кинематических образований K находится как число сочетаний с повторениями на r элементов по W :

$$K = \frac{(r+W-1)!}{(r-1)!W!}, \quad (16)$$

где r – число разновидностей составных частей;

W – ограничение, например, подвижность синтезируемого кинематического образования.

С учетом различной ориентации составных частей количество K кинематических образований находится как следующее число сочетаний с повторениями:

$$K = \frac{(nr+W-1)!}{(nr-1)!W!}, \quad (17)$$

где n – число координатных осей системы, определяющей положение составных частей в пространстве.

Аналитические исследования имеют своей целью выявление специфических динамических явлений, которые могут оказать существенное влияние на работу станка, и установление еще не найденных наиболее общих взаимосвязей между характеристиками и параметрами двигателя, силами полезного сопротивления и пр. Математическая модель системы составляется при следующих упрощающих допущениях:

- процесс взаимодействия абразивного отрезка диска и разрезаемого рельса рассматривается в детерминистической постановке;

- связи механизмов подачи и движения диска считаем идеальными (работа сил трения учитывается с помощью КПД);

- волнистостью поверхностей контакта диска и рельса пренебрегаем; разрезаемый рельс считаем абсолютно жестким; продольную и поперечную податливость диска и других элементов системы на первом этапе исследования в расчет не принимаем;

- рассеиванием энергии при упругих деформациях элементов системы пренебрегаем;
- распределенные параметры системы заменяем сосредоточенными и приводим их к шпинделю диска; характеристику двигателя принимаем статистическую механическую; ввиду весьма малой скорости подачи (менее $3 \cdot 10^{-3}$ м/с) переменностью пренебрегаем.

Реактивные и импульсивные эффекты ввиду малости скорости износа диска на работу системы влияния практически не оказывают.

Приведенная жесткость системы:

$$C_n = \frac{1}{\left(\frac{1}{C_\partial}\right) + \left(\frac{U_p^2 l_p}{C_{ш}}\right)}, \quad (18)$$

где C_∂ – крутильная жесткость вала двигателя и скрепленных с ним элементов

$$C_\partial = C_{ш} = \pi G \frac{32 \sum l_i}{d_i^4};$$

системы

G – модуль упругости при сдвиге;

l_i и d_i – длины и диаметры соответствующих валов; для станков РМК-5, РМК-6, $G_\partial = 200 \cdot 10^2$ Н·м, для станка РА-2, $C_\partial \approx 4 \cdot 10^2$ Н·м².

Выполненные исследования дают возможность уточнить методику расчета, проектирования и конструирования станков для резания рельсов абразивными дисками.

При переходе от расчета и проектирования к конструированию станков в первую очередь следует обратить внимание на обеспечение в процессе работы идеального положения отрезного диска, строго перпендикулярного продольной оси рельса. Отклонение диска от идеального положения возможно, как за счет неправильной установки станка, так и за счет деформации частей системы. Здесь важную роль играют механизм подачи, его направляющие и рельсовой зажим.

Говоря о рельсе, следует обратить внимание на то, что элементы зажима могут взаимодействовать (контактировать) с различными в поперечном сечении частями этого рельса (рисунок 13):

- с горизонтальной поверхностью катания головки рельса А;
- с вертикальной поверхностью головки В;
- с наклонной поверхностью головки В;
- с вертикальной поверхностью шейки Г;
- с наклонной поверхностью подошвы Д;
- с вертикальной поверхностью подошвы Е;
- с горизонтальной нижней поверхностью подошвы Ж.

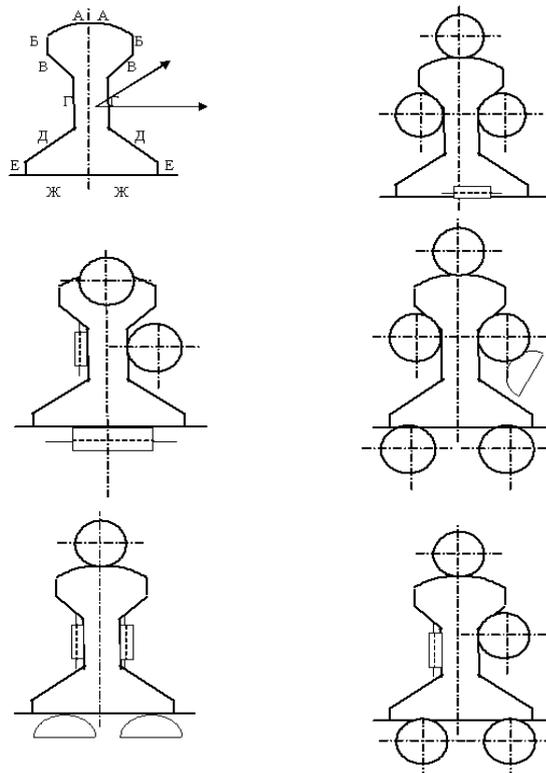


Рисунок 13 – Строение рельсовых зажимов рельсорезных станков

Экономический эффект от использования предложений обусловлен в первую очередь, увеличением производительности, повышением долговечности инструмента при работе с термически упрочненными рельсами, снижением стоимости производства работ и уменьшением массы станка. Расчет экономического эффекта от предложений производится в соответствии с методиками и инструкциями:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = & \Pi_0 \frac{B_n}{B_\delta} \left(\frac{P_\delta + E_n}{P_n + B_n} \right) - 1 + \frac{(I_\delta - \Pi_n) - E_n \cdot (K_n - K_\delta)}{P_n - E_n} - \\ & - \Delta C - E_n \cdot \Delta K_\delta \Pi_\delta \frac{B_n}{B_\delta} + \frac{I_\delta - \Pi_n}{0,2611} - \Pi_n - 0,15 \Delta K, \end{aligned} \quad (19)$$

где \mathcal{E} – экономический эффект от применения станка, тенге;

Π_0 и Π_n – оптовые цены базового и нового станков, тенге;

B_n/B_0 – коэффициенты учета роста производительности;

B_δ и B_n – годовые объемы работ при использовании соответствующего станка;

$\frac{(P_\delta + E_n)}{(P_n + E_n)}$ – соответствующий коэффициент труда;

P_δ и P_n – соответствующие доли отчислений от балансовой стоимости на реновацию – при сроке службы 9 лет $P_\delta = 0,111$:

$E_n = 0,15$ – нормативный коэффициент эффективности;

$\left[(i_\delta - i_n) - E_n \cdot \frac{(K_n - K_\delta)}{(P_n - E_n)} \right]$ – экономия потребителя на эксплуатации и отчислениях от соответствующих капитальных вложений за срок службы станка;

K_δ и K_n – соответствующие сопутствующие капитальные вложения потребителя в

расчете на объем работы, выполняемый новым станком;

C_{δ} и C_n – соответствующие годовые эксплуатационные издержки потребителя в расчете на объем работы, выполняемый новым станком;

ΔC – изменение себестоимости станка;

K – удельные дополнительные капитальные вложения в производственные фонды при производстве нового станка.

Ввиду неопределенности и нестабильности цен точную величину годового экономического эффекта \mathcal{E}_{22} и экономической эффективности за срок службы станка определить затруднительно. Таким образом, решены основные задачи и достигнута поставленная цель.

Выводы.

1. Анализ проблемы показал существенную взаимосвязь характеристик и параметров обрабатываемого рельса, рельсорезного абразивного диска, механизмов подачи и движения диска, двигателя и других элементов станка. При этом нет мелочей, и любое неудачно выполненное звено в указанной цепи, будь то узел крепления инструмента в станке или рельсовый зажим, приведет к ухудшению работы всего станка вплоть до невозможности обрабатывать высокопрочные рельсы; для получения рациональных решений рекомендуется использовать зависимости и предложения, изложенные в диссертационной работе.

2. В основу расчета сил и моментов сил, действующих на детали, положена нелинейная обратная зависимость приведенного коэффициента резания от удельного усилия подачи и эмпирически найденные усредненные линейные и нелинейные зависимости между рассматриваемыми величинами.

3. Рациональным для резания высокопрочных рельсов с твердостью до 400 и более ед. НВ являются электрокорундовые армированные сеткой из стекловолокна диски на пульвербакелитовой связке с ириодитом и упрочняющими добавками, зернистостью 0,5... 0,8 мм средней твердости с выступающими зёрнами корунда на боковых поверхностях, с диаметром (300...500) мм и толщиной (3...4) мм, толщина диска уменьшается к центру.

4. Одноподвижные и двухподвижные механизмы подачи станков (для лучшей возможности резания рельса небольшим по диаметру осциллирующим диском с двух сторон) выполняются самоустанавливающимися по развитому методу комбинаторного структурного синтеза механизмов без избыточных связей.

5. Максимальная температура при разрезании имеет место на первых миллиметрах (как показали теоретические и экспериментальные исследования), а потом уменьшается, поэтому вначале рельсы лучше резать с малой подачей.

6. Для уменьшения контактной температуры, толщины дефектного слоя, исключения прижогов, уменьшения износа диска и других нежелательных эффектов рекомендуем работать в зоне взаимодействия диска с рельсом, где действует закон Кулона (в первые секунды разрезания), а потом в зоне, где действует закон Амонтона.

7. При использовании дополнительного движения в механизме подачи рекомендуется увеличивать частоту движения и уменьшать амплитуду именно при увеличении скорости резания.

Литература

1. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия, термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 45 с.

2. Устич П.А., Иванов А.А., Аверин Г.В., Кузнецов М.А., Петров С.В. Некоторые аспекты проблемы нормирования уровня безопасности движения на примере железнодорожного транспорта. // Надежность. – 2011. – № 1. – С. 59-73.

3. Сапожников С.А., Краснобаев А.М., Райков Г.В., Петров С.В. Принципы обоснования оптимальных межремонтных нормативов новых моделей грузовых вагонов. // Вагонный парк. – 2012. – №10. – С. 40-41.
4. Сапожников С.А., Краснобаев А.М., Райков Г.В., Петров С.В. Принципы подтверждения межремонтных нормативов новых моделей грузовых вагонов. // Вагоны и вагонное хозяйство. – 2012. – № 2. – С. 28-29.
5. Устич П.А., Карпычев В.А., Овечников М.Н. Надежность рельсового нетягового подвижного состава. / Под ред. П.А. Устича. – М.: УМЦ МПС России, 2004. – 416 с.
6. Райков Г.В., Петров С.В. Научно-теоретические принципы назначения межремонтных нормативов вагонов // Вестник ВНИИЖТ. – 2012. – № 4. – С. 15-18.
7. Петров С.В. Классификация элементов конструкции вагона как объекта безопасности // Труды XI научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ, 2010. – С. 7-21.
8. Устич П.А. Оценка остаточного срока службы деталей на основе данных об отказах // Мир транспорта. – 2015. – №6. – С. 196-205.
9. Кайнарбеков А.К., Акаева М.О. Текущее содержание рельсов // Materialy V Miedzynarodowi naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania swiatowej nauki – 2009», 07–15 lutego 2009, Vol. 11. Techniczne nauki, Fizyczna kultura i sport, Przemysl. Nauka I studia – 2009 // Материалы Междунар. научн.-практ. конф. «Стратегические вопросы мировой науки – 2009» – С. 40-42.
10. Кайнарбеков А.К. Влияние на работу станка параметров и характеристик отрезных абразивных дисков // Материалы Междунар. научн.-практ. конф. «Инновационные процессы в развитии транспортно-коммуникационного комплекса», посвящ. 70-летию юбилею и 50-летию научн.-педагог. деят. Академика Междунар. акад. транспорта профессора И.С. Карабасова. – Алматы, 2009. – С. 280-283.

References

1. GOST 27.002-89. Reliability in technology. Basic concepts, terms and definitions. – Moscow: Publishing house of standards, 1990. – 45 p.
2. Ustich P.A., Ivanov A.A., Averin G.V., Kuznetsov M.A., Petrov S.V. Some aspects of the problem of rationing the level of traffic safety on the example of railway transport. // Reliability. – 2011. – No. 1. – pp. 59-73.
3. Sapozhnikov S.A., Krasnobaev A.M., Raikov G.V., Petrov S.V. Principles of substantiation of optimal inter-repair standards of new models of freight cars. // Wagon park. – 2012. – No. 10. – pp. 40-41.
4. Sapozhnikov S.A., Krasnobaev A.M., Raikov G.V., Petrov S.V. Principles of confirmation of inter-repair standards of new models of freight cars. // Wagons and wagon economy. – 2012. – No. 2. – pp. 28-29.
5. Ustich P.A., Karpychev V.A., Ovechnikov M.N. Reliability of rail non-traction rolling stock. / Edited by P. A. Ustich. – M.: UMTS of the Ministry of Internal Affairs of Russia, 2004 – 416 p.
6. Raikov G.V., Petrov S.V. Scientific and theoretical principles of assigning inter-repair standards of wagons // Vestnik VNIIZhT. – 2012. – No. 4. – pp. 15-18.
7. Petrov S.V. Classification of structural elements of a car as an object of safety // Proceedings of the XI scientific and practical conference "Train traffic safety". – Moscow: MIIT, 2010. – pp. 7-21.
8. Ustich P.A. Evaluation of the residual service life of parts based on data on failures // Mir transport. – 2015. – No. 6. – pp. 196-205.
9. Kaynarbekov A.K., Akayeva M.O. The current content of rails // Materialy V Miedzynarodowi naukowo-praktycznej konferencji "Strategiczne pytania swiatowej nauki – 2009", 07-15 lutego 2009, Vol. 11. Techniczne nauki, Fizyczna kultura i sport, Przemysl. Nauka

I studia – 2009 // Materials of the International scientific-practical conference "Strategic issues of World Science – 2009" – pp. 40-42.

10. Kaynarbekov A.K. Influence of parameters and characteristics of cutting abrasive discs on the machine operation // Materials of International scientific research.-practical conference "Innovative processes in the development of the transport and communication complex", dedicated. 70th anniversary and 50th anniversary of the scientific- teacher. deed. Akademiika Mezhdunar. acad. transport of professor I.S. Karabasov. – Almaty, 2009. – pp. 280-283.

ОМАРОВ А.Д. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ИСАЕНКО Э.П. – т.ғ.д., профессор (Ресей Федерациясы, Белгород қ., В.Г. Шухов ат. Белгород мемлекеттік технологиялық университеті)

КАЙНАРБЕКОВ А.К. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ОМАРОВА Г.А. – э.ғ.к., PhD, профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

«РЕЛІС – СТАНОК» ЖҮЙЕСІН ЕСЕПТЕУДІҢ, ЖОБАЛАУ МЕН ҚҰРАСТЫРУЫНЫҢ ҒЫЛЫМИ-ТЕОРЕТИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ӘДІСТЕМЕЛІК НЕГІЗДЕРІН ӨНДІРУ СҰРАҚТАРЫ

Аңдатпа

Мақалада рельстерді абразивтік дискілермен кесу арқылы жөндеу үшін шағын жолды механикаландыру құралдарын есептеудің, жобалаудың және жобалаудың ғылыми-теориялық және әдіснамалық негіздерін одан әрі тереңдете дамыту арқылы темір жолдардың тиімділігі мен сенімділігінің деңгейін арттыру және пойыздар қозғалысының қауіпсіздігін арттыру мәселелері қарастырылған. Абразивтік диск пен беріктігі жоғары рельстердің өзара әрекеттесу процестері стационарлық емес және өзара әрекеттесудің жоғары термиялық кернеулігін ескере отырып зерттелді. Абразивті кесу процестерінің сандық сипаттамалары анықталды, олар өнімділікті, энергия сыйымдылығын, термо-икемділікті, жұмыс құралдарының тозуын анықтайды. Жұмыс құралдарының ең жоғары өнімділігі мен ең аз тозуын, жылу бөлуді және жұмыс құнын қамтамасыз ететін жылжымалы машинаның жұмыс режимдері анықталды.

***Түйінді сөздер:** қозғалыс қауіпсіздігі, тасымалдау көлемі, жүк айналымы, теміржол, рельс, машина, абразивті диск.*

OMAROV A.D. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

ISAYENKO E.P. – d.t.s., professor (Russian Federation, Belgorod, Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov)

KAYNARBEBKOV A.K. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

OMAROVA G.A. – c.e.s., PhD, professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

ISSUES OF DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC-THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF CALCULATION, DESIGN AND CONSTRUCTION OF THE RAIL –MACHINE SYSTEM

Abstract

The article deals with the issues of increasing the level of efficiency and reliability of the functioning of railways and increasing the safety of train traffic through further in-depth development of scientific, theoretical and methodological foundations for calculating, designing and constructing means of small track mechanization for repairing rails by cutting them in the way with abrasive discs. The processes of interaction between an abrasive disc and high-strength rails are investigated, taking into account the unsteadiness and high thermal stress of the interaction. Quantitative characteristics of abrasive cutting processes that determine productivity, energy intensity, thermal tension, and wear of working tools are revealed. The modes of operation of the portable machine are determined, providing the highest productivity and the least wear of working tools, heat generation and the cost of the operation.

Keywords: traffic safety, traffic volume, cargo turnover, railway track, rail, machine, abrasive disc.

УДК 621.869

СУРАШОВ Н.Т. – д.т.н., профессор, академик КазНАЕН (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ТОЛЫМБЕК Д.Н. – к.т.н., доцент (г. Нур-Султан, директор «Аруна-АИ»)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ МЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ БУЛЬДОЗЕРА С УЧЕТОМ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

Аннотация

Для исследования динамики механической кинематической системы бульдозера принята трехмассовая расчетная схема с зазорами.

В статье составлены уравнения движения механической системы бульдозера, с учетом упругих связей трех масс на основании второго закона Ньютона.

Проинтегрировав математические вычисления определены скорости перемещения рабочих органов (РО) бульдозера с грунтом, степени нагружения и амплитуды колебаний нагрузок в упругих связях. Опытным путем установлены продолжительность операции резания грунта, наличия колебаний на РО (отвале) и время затухания колебаний в зависимости от категории грунта.

Ключевые слова: бульдозер, рабочий орган, динамика, динамические нагрузки, уравнение движения, кинематическое звено.

Актуальность работы.

При строительстве автомобильных дорог широко применяются землеройно-транспортные машины (ЗТМ), в частности бульдозеры, которые используются для выравнивания оснований дороги и послойные срезания бугров рельефа дорог. Одновременно бульдозеры разрабатывают различные категории грунтов в зависимости от региона (суглинистых, песчаных, гравийно-песчаных, болотистых, даже полускальных и скальных грунтов и т.д.). При этом рабочие органы (РО) бульдозера подвергаются большим сопротивлениям при разработке плотных и полускальных грунтов, где

возникают динамические нагрузки в системах от рабочего органа (ножа) по кинематической цепи до движителя бульдозера, следовательно, одновременно сопровождаются колебания и вибрации во всех системах бульдозера.

При возникновении колебаний и вибраций в системах бульдозера обычно в соединениях между агрегатами и узлами при малейших зазорах усиливаются вибрации, которые сопровождаются усиленным износом соединений механизма машины.

Ученые СНГ, в частности в работах профессоров А.М. Холодова и В.В. Ничке [1, 2], посвященных изучению сопротивлению резания и копания грунтов, предполагалось, что бульдозер перемещается по ровной поверхности и взаимодействует РО с однородным грунтом. А.М. Холодов предлагает определить динамические нагрузки при встрече отвала с жесткими препятствиями и при заглоблении отвала в грунт. Одновременно разработана методика расчета долговечности рабочего оборудования бульдозера. Однако в этой работе не изучены в нестационарных режимах РО бульдозера в звеньях кинематической цепи при наличии зазоров, что является актуальной задачей.

Целью данной статьи является исследование нестационарных режимов работы РО бульдозера в определении наибольших динамических нагрузок в звеньях кинематической цепи рассматриваемой механической системы с зазорами.

Основная часть.

Достоверность определения искомых нагрузок обеспечивается обоснованно выбранной расчетной схемой рабочего оборудования бульдозера с зазорами.

Для исследования динамики механической системы бульдозера принята трехмассовая расчетная схема (рисунок 1).

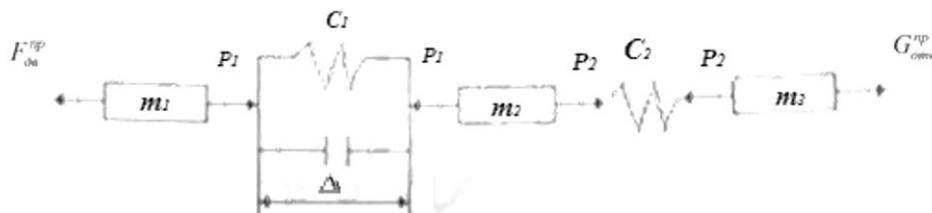


Рисунок 1 – Трехмассовая расчетная схема бульдозера

Трехмассовая расчетная схема рабочего оборудования бульдозера с зазорами в кинематической цепи представлена на рисунке 1, где приняты следующие обозначения: m_1 – суммарная приведенная масса механизма подъема (опускания) и напора отвала; m_2 – приведенная масса толкающих брусьев; m_3 – приведенная масса отвала с грунтом; C_1 – суммарный приведенный коэффициент жесткости упругих элементов механизма подъема (опускания) и напора отвала; C_2 – приведенный коэффициент жесткости толкающих брусьев; $F_{дв}^{np}$ – приведенное усилие двигателя; $G_{отв}^{np}$ – приведенный вес отвала с грунтом и части толкающих брусьев; Δ – суммарный приведенный зазор в соединениях кинематической цепи рабочего оборудования бульдозера.

Процесс перемещения масс механической системы бульдозера состоит из трех этапов – первый этап – выбор всех зазоров в соединениях кинематической цепи рабочего оборудования; второй этап – упругая связь C_1 нагружается от 0 до $G_{отв}^{np}$, приходит в движение первая масса, а вторая начинает движение; третий этап – совместное движение всех трех масс системы. Расчет следует выполнять поэтапно с отсчетом времени перемещения масс от начала каждого этапа. Уравнение движения целесообразно

составлять на основании второго закона Ньютона. Приведенное усилие двигателя определяем по следующей зависимости:

$$F_{\partial\delta}^{np} = \frac{m_1 v_0^2}{2 \cdot \Delta} = \frac{2 m_1 \Delta}{t_1^2}, \quad (1)$$

где t_1 – длительность первого этапа.

Отсюда определяем скорость v_0 массы m_1 к концу первого этапа и длительность этапа t_1 .

$$v_0 = \sqrt{2 F_{\partial\delta}^{np} \cdot \Delta / m_1} \quad \text{и} \quad t_1 = \sqrt{2 m_1 \cdot \Delta / F_{\partial\delta}^{np}} \quad (2)$$

На втором этапе – упругая связь C_1 нагружается от нуля до G_{oms}^{np} и уравнение движения масс m_1 и m_2 имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} m_1 \dot{x}_{12} &= F_{\partial\delta}^{np} - P_{12}; \quad m_2 \ddot{x}_{22} = G_{m\partial p}^{m_2 \cdot g} - P_{12} - P_{22}; \\ P_{12} &= C_1(x_{12} - x_{22}); \quad P_{22} = m_2 g - C_2 x_{22} \end{aligned} \quad (3)$$

Сделав ряд преобразований, получим уравнение относительно нагрузок в упругих связях:

$$\ddot{P}_{12} + C_{12} \left[\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right] P_{12} = C_1 \left[\frac{G_{\partial\delta}^{np} \cdot m_2 + m_2 g \cdot m_1}{m_1 m_2} \right]; \quad \ddot{} \quad (4)$$

Общее решение системы (3) имеет вид:

$$P_{12} = A_{12} \cos W_{12} t + B_{12} \sin W_{12} t + A_{22} \cos W_{22} t + B_{22} \sin W_{22} t + D_{12};$$

$$P_{22} = A_{32} \cos W_{12} t + B_{32} \sin W_{12} t + A_{42} \cos W_{22} t + B_{42} \sin W_{22} t + D_{32};$$

$$W_{12,22}^2 = \frac{1}{2} \left[\frac{C_1}{m_1} + \frac{(C_1 + C_2)}{m_2} \right] \mp \sqrt{\frac{1}{4} \dots};$$

$$D_{12} = F_{\partial\delta}^{np}; \quad D_{22} = -D_{12} + m_2 g; \quad (5)$$

Начальные условия для второго этапа:

$$x_{12} = x_{22} = \dot{x}_{22} = 0; \quad \dot{x}_{12} = v_0; \quad P_{12,0} = 0; \quad P_{22,0} = G_{m. \partial p}; \quad \dot{P}_{12,0} = C_1 v_0;$$

$$\dot{P}_{22,0} = 0; \quad \ddot{P}_{12,0} = \frac{C_i F_{\partial e}^{np}}{m_g}; \quad \ddot{P}_{22,0} = 0;$$

$$\ddot{P}_{12,0} = -C_1 \left[\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right] \dot{P}_{12,0}; \quad \ddot{P}_{22,0} = \frac{-C_2}{m_2} \dot{P}_{12,0}$$

Амплитуды колебаний нагрузок в упругих связях определяются из начальных условий по специальным формулам:

$$A_{12} = \frac{(P_{12,0} - D_{12}) W_{22}^2 + \ddot{P}_{12,0}}{W_{22}^2 - W_{12}^2}; \quad B_{12} = \frac{\dot{P}_{12,0} W_{22}^2 + \ddot{P}_{12,0}}{W_{12}(W_{22}^2 - W_{12}^2)};$$

$$A_{22} = \frac{-\ddot{P}_{12,0} - (P_{12,0} - D_{12}) W_{22}^2}{W_{22}^2 - W_{12}^2}; \quad B_{22} = \frac{\dot{P}_{12,0} W_{22}^2 + \ddot{P}_{12,0}}{W_{12}(W_{22}^2 - W_{12}^2)};$$

$$A_{32} = \frac{(P_{22,0} - D_{22}) W_{22}^2 + \ddot{P}_{22,0}}{W_{22}^2 - W_{12}^2}; \quad B_{32} = \frac{\dot{P}_{22,0} W_{22}^2 + \ddot{P}_{22,0}}{W_{12}(W_{22}^2 - W_{12}^2)};$$

$$A_{42} = \frac{-\ddot{P}_{22,0} - (P_{22,0} - D_{22}) W_{12}^2}{W_{22}^2 - W_{12}^2}; \quad B_{42} = \frac{\dot{P}_{22,0} W_{12}^2 + \ddot{P}_{22,0}}{W_{22}(W_{22}^2 - W_{12}^2)};$$

(6)

Длительность второго этапа t_2 определяется из трансцендентного уравнения:

$$G_{омб}^{np} = A_{32} \cos W_{12} t_2 + B_{32} \sin W_{12} t_2 + A_{42} \cos W_{22} t_2 + B_{42} \sin W_{22} t_2 + D_{22} \quad (7)$$

Подставив полученное значение t_2 в выражение (4) получим значение динамического усилия в толкающих брусках к концу второго этапа

$$P_{22m.б} = A_{32} \cos W_{12} t_2 + B_{32} \sin W_{12} t_2 + A_{42} \cos W_{22} t_2 + B_{42} \sin W_{22} t_2 + D_{22} \quad (8)$$

Скорости масс m_1 и m_2 в конце второго этапа определяются из уравнения путем интегрирования этих выражений

$$x_{12 m.б} = (F_{омб}^{np} / m_1) t_2 - (1/m_1) [(A_{12}/W_{12}) \sin W_{12} t_2 - (B_{12}/W_{12}) \cos W_{12} t_2 + (A_{22}/W_{22}) \sin W_{12} t_2$$

$$- (B_{22}/W_{22}) \cos W_{22} t_2 + (B_{12}/W_{12}) + (B_{22}/W_{22}) + \cos D_{12} t_2] + v_0; \quad (9)$$

$$\dot{x}_{22m.6} = (m_2 g / m_2) \cdot t_2 + (1 / m_2) \ddot{\omega} \ddot{\omega} + [-A_{22} - A_{42}] \cdot (\sin W_{22} t_2 / W_{22}) + B_{22} B_{42} (\cos W_{22} t_2 / W_{22}) - B_{12} - B_{22} - B_{32} - B_{42} - D_{12} - D_{22} \cdot t_2 \}$$

Третий этап характеризуется совместным движением всех трех масс систем. Уравнения движения масс имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} m_1 \dot{x}_{13} &= F_{\partial 6}^{np} - P_{13}; & m_2 \ddot{x}_{23} &= m_{2g} + P_{13} - P_{23}; \\ m_3 \ddot{x}_{33} &= P_{23} - G_{оме}^{np}; & P_{23} &= G_{оме}^{np} + C_1 [x_{13} + x_{23} - x_{33}]; \\ P_{23} &= P_{23,0} + C_3 x_{23} \end{aligned} \quad (10)$$

Общее решение для усилий находим в следующем виде:

$$\begin{aligned} P_{13} &= A_{13} \cos W_{13} t + B_{13} \sin W_{13} t + A_{23} \cos W_{23} t_2 + B_{23} \sin W_{23} t + D_{13}; \\ P_{23} &= A_{33} \cos W_{13} t + B_{33} \sin W_{13} t + A_{43} \cos W_{23} t_2 + B_{43} \sin W_{23} t + D_{23}; \\ W_{13,23}^2 &= -0.5 \ddot{\omega} \\ D_{13} &= (G_{оме}^{np} m_1 + G_{\partial 6}^{np} m_3) / (m_1 + m_3); & D_{23} &= -D_{13} + m_{2g} \end{aligned} \quad (11)$$

Начальные условия третьего этапа

$$\begin{aligned} x_{13} = x_{33} = x_{23} = \dot{x}_{33} &= 0; & P_{13,0} &= G_{оме}^{np}; & \dot{x}_{13,0} &= \dot{x}_{12m.6}; & \dot{x}_{23,0} &= \dot{x}_{22m.6}; \\ \dot{P}_{13,0} &= C_1 [\dot{x}_{13,0} + \dot{x}_{23,0}]; \\ P_{23,0} = P_{2.2m.6} &= A_{32} = \cos W_{12} t_2 + B_{32} \sin W_{12} t_2 + A_{42} \cos W_{22} t_2 + B_{42} \sin W_{22} t_2 + D_{22}; \\ \dot{P}_{23,0} &= C_2 \dot{x}_{23,0}; \\ \ddot{P}_{13,0} &= C_1 [G_{\partial 6}^{np} / m_1] + [G_{оме}^{np} / m_3] + g + (C_1 / m_2) P_{23,0} - [(C_1 / m_1) + (C_1 / m_3) + (C_1 / m_2)] P_{13,0}; \\ \ddot{P}_{2.3.0} &= (C_2 g) + (C_2 / m_2) P_{13,0} - (C_2 / m_2) P_{23,0} \end{aligned}$$

$$\ddot{P}_{13,0} = (-C_1/m_2)\dot{P}_{23,0} - [(C_1/m_1) + (C_1/m_3) + (-C_1/m_2)]\dot{P}_{13,0};$$

$$\ddot{P}_{23,0} = -(C_2/m_2)\dot{P}_{13,0} - (C_2/m_2)\dot{P}_{23,0} \quad (12)$$

Амплитуды колебаний динамических усилий необходимо определять по выражениям (5) с учетом начальных условий третьего этапа. Максимальные динамические усилия следует вычислять по следующим выражениям:

$$P_{13.max} = \sqrt{A_{13}^2 + B_{13}^2} + \sqrt{A_{23}^2 + B_{23}^2} + D_{13} \quad (13)$$

Максимальными усилиями в трехмассовой системе будут $P_{13.max}$ и $P_{13.max}$. При определении максимальных усилий в режиме жесткого стопорения отвала следует принимать $m_3 = \infty$. Наибольшие динамические усилия в данном случае возникают при $\dot{x}_{13m.б} = 0$.

Особенностью рабочего процесса бульдозеров является цикличность выполнения рабочих операций – резания и транспортировки грунта и перемещения к месту отвала. Такая особенность в значительной мере влияет и на характер возникающих динамических нагрузок. Рабочий цикл бульдозера складывается из операций: резания грунта, образования призмы волочения и перемещения ее к месту отвала и обратный ход (холостой). В результате окончания резания и процесса перемещения грунта к месту отвала, а также и обратного хода совершается ряд вспомогательных операций, связанных с подъемом, опусканием и поворотом или с возвратом в исходное положение к месту начала следующей операции [3, 4].

Опыт эксплуатации бульдозеров показывает, что при их работе в связных грунтах максимальные нагрузки на отвале, в элементах привода рабочего оборудования, а также в других элементах конструкции бульдозера появляются в конце операций резания грунта и перемещения призмы волочения к месту отвала.

Многие машинисты (бульдозеристы) при работе на бульдозерах с гидравлическим управлением некоторых механизмов, не дающие возможности без хороших навыков, в достаточной мере, плавно регулировать тяговое усилие по сцеплению, нередко создают предпосылки к возникновению максимальных нагрузок в начале или середине операции резания вследствие резкого загубления отвала. В данном случае в дальнейшем операция резания грунта осуществляется обычно при заторможенном двигателе и стопорном режиме. Такая работа бульдозера способствует возникновению колебаний и сопровождается значительно большими перегрузками элементов конструкции землеройно-транспортной машины.

При такой перегрузке уже в самом начале пуска двигателя в механизмах привода и рабочем оборудовании нагрузки превышают номинальные, обеспечиваемые двигателем более чем на 40-44% [3]. Продолжительность операции резания груза в данном случае может увеличиться по сравнению со средней примерно на 28...29% [3]. Наличие колебаний на рабочем органе (отвале), механизмах привода и напряжений в элементах рабочего оборудования, возникающие при резании грунта, являются следствием упругости элементов конструкции бульдозера и динамического характера изменения внешних нагрузок. Следует отметить, что основные колебания имеют место при разгоне рабочего органа (отвала) в начале процесса резания грунта. Колебания второй, более

высокой частоты возникают в начале резания грунта режее. Колебания всего бульдозера на грунте имеют место в середине или в конце операции резания грунта. Частота вышеуказанных колебаний соответствует нижней частоте гармонической составляющей крутящего момента двигателя.

Анализ этих колебаний показывает, что их амплитуда имеет незначительную величину, не превышающую 6...7% основных нагрузок, и, следовательно, существенного влияния на прочность элементов конструкции бульдозера не оказывает.

Величина полных нагрузок в толкающих брусках, в элементах механизма подъема и опускания отвала, а также напора (тяга двигателя бульдозера) с учетом возникающих колебаний упругой системы в начале резания грунта в основном не превышает 75...85% [3], номинальных расчетных нагрузок, определяемых в конце операции резания грунта.

Возникающие колебания упругой системы затухают в течение первых 1,8...2,2 сек. резания грунта. Колебания более высокой частоты практически затухают за промежуток времени не более 0,5...0,6 сек [3].

Исследования, проведенные при работе землеройно-транспортных машин в легких грунтах, выявили в этих условиях, что в начале копания возникают упругие колебания, гармонический характер которых, вследствие более неопределенного характера изменения внешних сопротивлений нарушается в большей мере, чем при работе связных грунтах. Величина амплитуд колебаний с периодом T , возникающих во второй половине операции резания грунта, в основном зависит от характера изменения внешних сопротивлений на режущих элементах отвала, от категории разрабатываемого грунта и квалификации машиниста бульдозера.

Анализ приведенных исследований с землеройно-транспортными машинами показал, что максимальные динамические нагрузки в механизмах привода, рабочем оборудовании и других элементах конструкции имеют место в случае упора отвала в процессе резания в жесткое препятствие, что встречается наиболее часто при взаимодействии рабочего органа бульдозера со скальными и другими трудно разрабатываемыми породами. Эксплуатация бульдозеров без муфт предельного момента или защитных упругих устройств в случае упора рабочего органа (отвала) в жесткое препятствие приводит к буксованию тягача или поломкам наиболее его ответственных узлов.

В результате проведенных исследований с землеройно-транспортными машинами установлено, что максимальные динамические нагрузки, имеющие место в случае остановки механизмов из-за упора движущегося отвала в упругое препятствие, соответствуют остановке отвала при резании связных грунтов с твердыми достаточно крупными включениями (валунами). Большие динамические нагрузки, возникающие в стопорении отвала, имеют место в случае отсутствия надежных предохранительных муфт предельного отвала. Значительно меньшие динамические нагрузки при стопоре рабочего органа (отвала) могут возникать в бульдозерах с гидроприводом. Случаи стопорения рабочего органа (отвала) чаще всего будут наблюдаться при использовании бульдозеров на разработке тяжелых скальных пород.

Максимальные динамические нагрузки в процессе стопорения рабочего органа (отвала) могут превышать стопорные статические усилия, развиваемые двигателем в 1,5...2,0 раза. В механизмах подъема (опускания) отвала и напора толкающих брусков, работающих в режимах почти полного или полного стопорения, возникают при этом максимальные нагрузки более чем в 2 раза превышающие стопорные статические в бульдозерах динамические нагрузки и колебания элементов конструкции в процессе резания могут иметь место также при разгоне рабочего органа, а наиболее важные для расчетов – при стопорении отвала.

При резании связных грунтов в тяговом механизме бульдозера максимальные нагрузки возможны к концу процесса резания грунта. При резании грунта и перемещении

призмы волочения к месту отвала встреча движущегося отвала с твердым препятствием будет приводить к появлению дополнительных ударных нагрузок. Данные нагрузки большей вероятностью будут локализоваться между отвалом и грунтом и не передаваться практически на толкающие брусья механизма тяги на механизм подъема (опускания) рабочего органа.

Возникающие при этом дополнительные напряжения от удара в рабочем органе толкающих брусьях вследствие сравнительно небольших рабочих скоростей и инерции их сравнительно невелики и сдвинуты по фазе с максимальными нагрузками, возникающими при стопорении от инерции механизмов привода. Следовательно, ударные нагрузки можно в большинстве случаев в расчет не принимать.

Величина динамического коэффициента нагрузки, определяемая как $K_{\text{дин н. max}} / (b \text{ min})$, при отсутствии или малых зазорах будет колебаться от 1,5 до 1,8. Если зазоры в местах крепления отвала к толкающим брусьям будут значительными, в конструктивных несовершенствах, то динамические коэффициенты могут достигать значений 2, 2...2,3. Следует отметить, что плавное нарастание момента на муфтах будет уменьшать в рабочем оборудовании бульдозера динамический коэффициент нагрузок 1,15...1,2 б. Влияние зазоров при плавном приложении движущегося момента будет незначительным.

В механизме передвижения, несмотря на небольшие скорости перемещения бульдозера, в некоторых случаях могут возникать значительные динамические нагрузки.

К таким случаям следует отнести резкие реверсы механизма хода, особенно при разворотах или преодолении различных препятствий, когда при ускоренном выборе зазоров в кинематических парах ходового механизма могут возникать удары. В механизме передвижения возможны значительные инерционные нагрузки, в случаях стопорения нередко бывает при передвижении бульдозера в тяжелых грунтовых условиях, и особенно при упорах гусениц или колес в жесткие препятствия (камни и т.п.). Как показывают результаты ранее проведенных экспериментальных исследований, изменение величины сопротивления передвижению у гусеничных бульдозеров даже при достаточно ровных площадках имеет переменный (колебательный) характер. Амплитуда колебаний величины сопротивления передвижению зависит главным образом от характера грунта, а частота колебаний – от конструкции гусеничного хода и скорости передвижения.

Нагрузки, испытываемые всеми основными узлами бульдозеров (рабочим органом, механизмами и несущими элементами конструкции), носят переменный (колебательный) характер. Процессами, при которых могут возникать наиболее значительные динамические нагрузки в основных механизмах привода бульдозера, элементах рабочего оборудования (отвал, толкающие брусья и т.д.) и несущих конструкциях, являются процессы включения механизмов при их разгоне и торможении, а также процессы замедления или полной остановки (стопорения) рабочего органа (отвала) и его механизма подъема (опускания) и поворота влево и вправо.

Выводы.

1) Разработано математическое описание динамики механической системы бульдозера на основе принятой трехмассовой расчетной схемы, что позволило получить уравнения для определения амплитуд колебаний в упругих связях и максимальных динамических усилий в рабочем органе.

2) Предложено упруго-скользящее соединение в кинематической цепи звеньев, которое обеспечивают самовосстановление этих узлов, после затухания колебаний системы рабочих органов бульдозера от динамических нагрузок.

3) Проанализированы процессы возникновения динамических нагрузок при разработке разных категорий грунтов бульдозеров.

4) Определена схема распределения динамического усилия рабочего органа в разных режимах работы бульдозера: при разрушении поверхности плотных грунтов, углублении и резании грунтов, а также формировании и транспортировке призмы волочения.

Литература

1. Волков Д.П. Динамика и прочность одноковшовых экскаваторов. – М.: Машиностроение, 1965. – 461 с.
2. Холодов А.М., Ничке В.В. Землеройно-транспортные машины. – Харьков: Вища школа, 1982. – 192 с.
3. Захарчук Б.З., Телушкин В.Д., Шлойдо Г.А. Яркин А.А. Бульдозеры и рыхлители. – М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
4. Завьялов А.М. Основы теории взаимодействия рабочих органов дорожно-строительных машин со средой / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Омск: СибАДИ, 1999. – 240 с.
5. Перов В.А. Методика изучения динамики землеройной машины при учете действия случайных нагрузок // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования / Московский государственный университет природообустройства. – М.: МГУП. – С. 108-110.
6. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве. – М.: Транспорт, 1983. – 183 с.
7. Сурашов Н.Т. Научные основы создания перспективных рабочих органов землеройно-транспортных машин. Монография. – Алматы: КазГАСА, 2004. – 263 с.

Reference

1. Volkov D.P. Dynamics and strength of single-bucket excavators. – M.: Mashinostroenie, 1965. – 461 p.
2. Kholodov A.M., Nikke V.V. Earth-digging and transport machines. – Kharkov: Vyshcha shkola, 1982. – 192 p.
3. Zakharchuk B.Z., Telushkin V.D., Shloido G.A. Yarkin A.A. Bulldozers and rippers. – M.: Mashinostroenie, 1987. – 240 p.
4. Zavyalov A.M. Fundamentals of the theory of interaction of working bodies of road-building machines with the environment / Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. – Omsk: SibADI, 1999. – 240 p.
5. Perov V.A. Methods of studying the dynamics of the earth-moving machine when taking into account the action of random loads // Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education / Moscow State University of Environmental Engineering. – M.: MGUP. – P. 108-110.
6. Balovnev V.I., Khmara L.A. Intensification of earthworks in road construction. – M.: Transport, 1983. – 183 p.
7. Surashov N.T. Scientific bases of creation of perspective working bodies of earth-digging and transport machines. Monograph. – Almaty: KazGASA, 2004. – 263 p.

СУРАШОВ Н.Т. – т.ғ.д., профессор, ҚазҰЖҒА академигі (Алматы қ., Қазак қатынас жолдары университеті)

ТОЛЫМБЕК Д.Н. – т.ғ.к., доцент (Нұр-Сұлтан қ., «Аруна-АИ» директоры)

**ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕГЕ ҚАТЫСТЫ БУЛДОЗЕРДІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ
ЖҮЙЕСІНІҢ ЖҰМЫС ІСТЕУІН ЗЕРТТЕУ**

Аңдатпа

Бульдозердің механикалық кинематикалық жүйесінің динамикасын зерттеу үшін саңылаулары бар үш массалық конструкция схемасы қабылданады.

Мақалада Ньютонның екінші заңы негізінде үш массаның серпімді байланыстарын ескере отырып, бульдозердің механикалық жүйесінің қозғалыс теңдеулері құрастырылды.

Математикалық есептеулерді интеграциялау арқылы бульдозердің жұмыс органының (ЖО) қозғалыс жылдамдығын, жүктеме дәрежесі мен серпімді байланыстардағы жүктемелердің тербеліс амплитудасы анықталады. Экспериментальды түрде топырақты кесу жұмысының ұзақтығы, ЖО (үйінді) бойынша дірілдің болуы және топырақтың категориясына байланысты дірілдің өшу уақыты анықталды.

Түйінді сөздер: бульдозер, жұмыс органы, динамика, динамикалық жүктемелер, қозғалыс теңдеуі, кинематикалық байланыс.

SURASHOV N.T. – d.t.s., professor, Academician KazNANS (Almaty, Kazakh university ways of communications)

TOLYMBEK D.N. – PhD, assoc. professor (Nur-Sultan, director of "Aruna-AI")

STUDY OF THE PROCESS OF OPERATION OF THE MECHANICAL SYSTEM OF THE BULLDOZER TAKING INTO ACCOUNT DYNAMIC LOADS

Abstract

To study the dynamics of the mechanical kinematic system of the bulldozer, a three-mass calculation scheme with gaps is adopted. The article compiles the equations of motion of the mechanical system of the bulldozer, taking into account the elastic bonds of the three masses on the basis of Newton's second law. Having integrated mathematical calculations, the speed of movement of the bulldozer's with the ground, the degree of loading and the amplitude of load fluctuations in elastic bonds are determined. The duration of the soil cutting operation, the presence of fluctuations on the blade and the time of atteening of the oscillation depending on the category of soil were experimentally established.

Keywords: bulldozer, working body, dynamics, dynamic loads, equation of motion, kinematic link.

УДК 656.2

АХМЕТОВ Б.С. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

АБУОВА А.Х. – доктор PhD (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ СИТУАЦИИ, СВЯЗАННЫХ С ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМИ ПРОИСШЕСТВИЯМИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Аннотация

В статье рассмотрено развитие базисных структур искусственной нейронной сети, которая обеспечивает наряду с решением прикладной задачи по распределению ресурсов, направленных на ликвидацию чрезвычайных ситуаций, также и прогнозирование для задач оценивания последствий принятых решений на выбор конкретных стратегий ликвидации последствий аварий и чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте в условиях структурной и параметрической неопределенности.

Разработано новое формализованное представление модели для задач распознавания ситуации и принятия первичных решений. Модель отличается от известных тем, что в ней учитываются информационные зависимости параметров ситуации, которые доступны лицам, принимающим решения. Это дает возможность формализовать процесс принятия решений по распознаванию и прогнозированию ситуации.

Ключевые слова: *железнодорожный транспорт, чрезвычайные ситуации, ликвидации последствий аварии, интеллектуальные системы, математические модели.*

Введение.

Железнодорожный транспорт является сложной рассредоточенной динамической системой, которой присуще свойство сохранения безопасности своего функционирования. Последнее предполагает целенаправленные действия персонала железнодорожного транспорта (ЖДТ) в аварийных и чрезвычайных ситуациях. При этом в условиях повышенной психологической, физической и эмоциональной нагрузки на лиц, принимающих решения в зоне ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС), необходимо шире применять интеллектуальные компьютерные технологии для автоматизации процесса анализа ЧС на ЖДТ с автоматической генерацией рекомендаций руководителям по их ликвидации в целях сокращения времени на выработку и принятие обоснованного решения.

В частности, использовались положения теории игр для синтеза модели, позволяющей автоматизировать получение прогнозных оценок для различных вариантов распределения финансово-материальных ресурсов (ФМР), расходуемых на ликвидацию ЧС и ее последствий. При этом отличительной чертой модели является то, что для определения оптимальных смешанных стратегий предложен конструктивный метод их нахождения. В ходе исследования использовались методы формализации для описания модели соответствующей задачи и правила нечетко логического вывода и нечеткой искусственной нейронной сети (ИНС), которые используют информацию о параметрах, характеризующих ситуацию, для автоматической генерации множества возможных решений. Использовались методы имитационного моделирования для проектирования и последующего обучения искусственной нейронной сети в пакете NeuralNetworksToolbox (NNT).

В процессе разработки программного продукта – системы поддержки принятия решений (DSS Emergency) для выработки рекомендаций в ходе выбора рациональных финансовых стратегий ситуационным центром (СЦ) по ликвидации ЧС и ликвидаторам, работающим в зоне ЧС, использовались современные методы и средства объектно-ориентированного программирования (ООП). Результаты, полученные в работе, основываются на известных апробированных инженерных методах расчета и методах компьютерной обработки данных [1-4].

Задачи распознавания ситуации и автоматизированного принятия первичных решений на основе использования искусственной нейронной сети (ИНС) и технологий имитационного моделирования процесса обучения ИНС в среде Matlab.

Для решения задачи распознавания ситуации и автоматического принятия первичных решений, связанных с ликвидацией последствий ЧС на ЖДТ, была разработана нечеткая нейросеть, архитектура которой показана на рисунке 1. Нейросеть была выбрана в соответствии с формализованным описанием модели решаемой задачи.

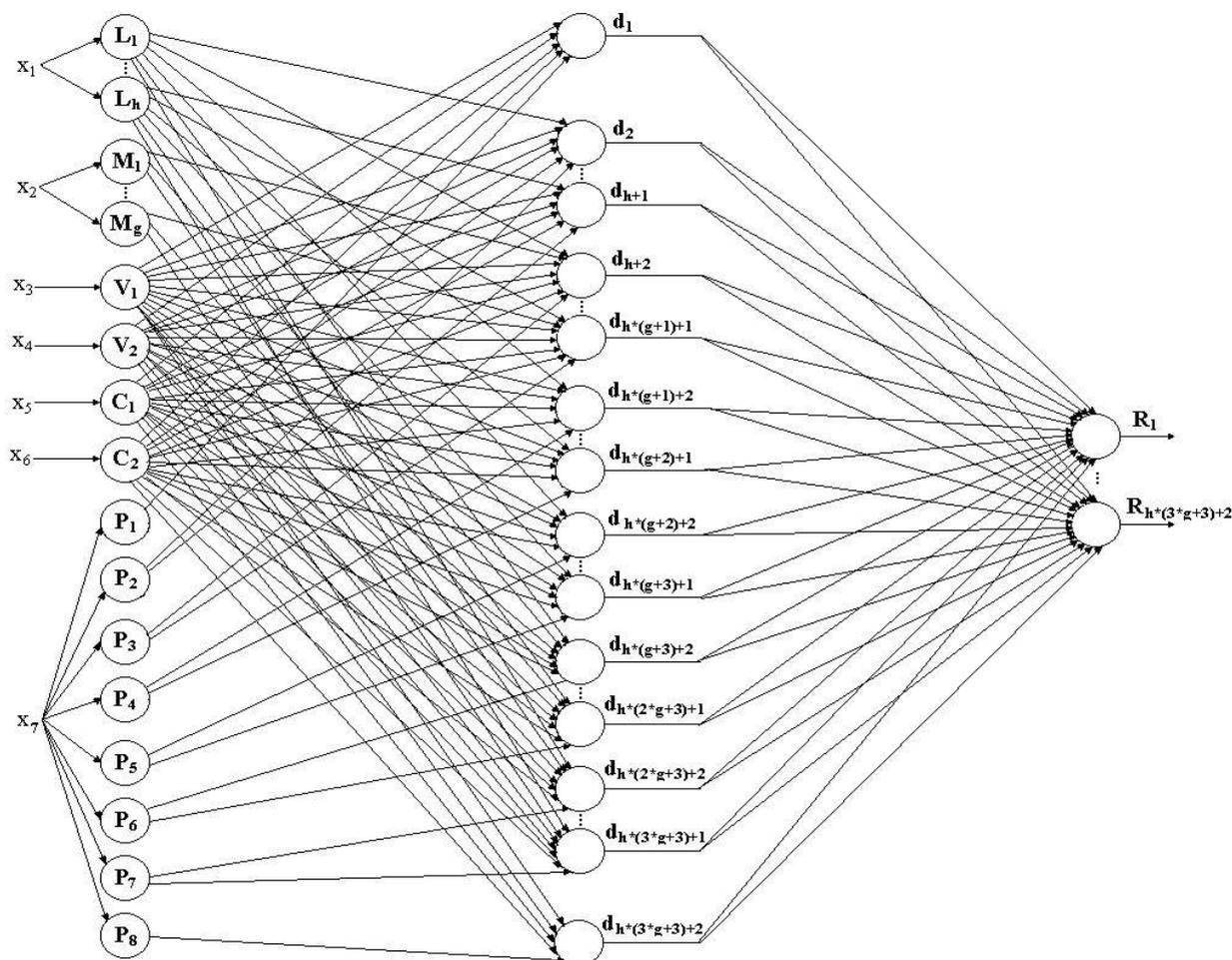


Рисунок 1 – Архитектура нейросети для решения задачи распознавания ситуации, связанной с ЧС на ЖДТ и принятия первичных решений

Нейросеть состоит из трех слоев нейронов.

Слой 1. Выходы нейронов данного слоя определяют степень принадлежности входных переменных x_1, x_2, \dots, x_7 в соответствующие множества с трапецидальной функцией принадлежности.

Слой 2. Выходами нейронов являются степени истинности для каждого из правил формализованного описания модели.

Слой 3. Нейроны этого слоя являются обычными нейронами, которые выполняют взвешенное добавления.

Вектор входных данных X содержит 7 элементов, то есть, нейросеть имеет 7 входов:

x_1 – географическое положение ЧС на ЖДТ для аварийных бригад, принимающих участие в ликвидации ЧС;

x_2^- – географическое положение ЧС на ЖДТ для других групп, принимающих участие в ликвидации ЧС;

x_3^- – населенность в месте ЧС на ЖДТ;

x_4^- – опасность места ЧС на ЖДТ;

x_5^- – абсолютное время возникновения ЧС на ЖДТ;

x_6^- – относительное время ЧС на ЖДТ;

x_7^- – события ЧС на ЖДТ.

Вектор выходных сигналов Y состоит из количества элементов, которые соответствуют количеству возможных вариантов решений для данного участка:

$$Y = [y_1 \dots y_z],$$

$$z = h * (3 * g + 3) + 2, \quad (1)$$

где

z – количество возможных решений о привлечении тех или иных сил и средств для данного участка ликвидации ЧС на ЖДТ;

h – максимальное количество аварийных бригад, принимающих участие в ликвидации ЧС на данном участке;

q – максимальное количество других групп, принимающих участие в ликвидации ЧС.

Нечеткая модель подсистемы принятия первичных решений СППР о ЧС была построена с помощью прикладного пакета Fuzzy Logic Toolbox программы Matlab [5-7].

На входы нейросети подаются следующие данные:

x_1 – географическое положение ЧС на ЖДТ для аварийных бригад, принимающих участие в ликвидации ЧС, $x_1 = [x_{1,1}, \dots, x_{1,h}]$;

x_2 – географическое положение ЧС на ЖДТ для других групп, принимающих участие в ликвидации ЧС, $x_2 = [x_{2,1}, \dots, x_{2,g}]$;

x_3^- – события на месте ЧС, $x_3 = [x_{3,1}, \dots, x_{3,8}]$;

x_4^- – населенность в месте ЧС на ЖДТ;

x_5^- – опасность места, где произошла ЧС ЖДТ;

x_6^- – абсолютное время возникновения ЧС на ЖДТ;

x_7^- – относительное время ЧС на ЖДТ;

x_8 – первичное решение, для которого определяются последствия, $x_8 = [x_{8,1}, \dots, x_{8,z}]$

Принято, что $z = h * (3 * g + 3) + 2$.

На выходах нейросети считывают два вектора. Первый вектор получают из нейронов второго слоя, второй вектор – из нейронов третьего слоя.

Размерность первого вектора составит $h + g + 8$ элементов.

Размерность второго вектора составит 9 элементов, что соответствует количеству последствий для каждого решения.

Неполно связанную прямонаправленную нейронную сеть в процессе работы мы реализовали для пакета имитационного моделирования Matlab.

Также для выбора алгоритма обучения, ИНС была обучена с помощью различных классических алгоритмов, описание которых содержится в работе [8].

На рисунке 2 показана архитектура нейросети для решения заданий, связанных с прогнозной оценкой развития ситуации, а также определением последствий первоначальных решений. В качестве обучающей выборки использовалась выборка размерностью 1800 элементов.

Из результатов обучения и тестирования, показанных на рисунке 3, следует, что обучение нейросети по алгоритму обратного распространения ошибки **'trainrp'** позволяет достичь одной из лучших точностей за наименьшее время. Поэтому для решения задачи прогнозирования развития ситуации и определения последствий первичных решений была использована неполно связанная прямонаправленная нейронная сеть, обученная именно по такому алгоритму.

Первоначально обучающая выборка подготовлена в MS Excel, а затем импортирована в Matlab, для последующего обучения сети (рисунок 3).

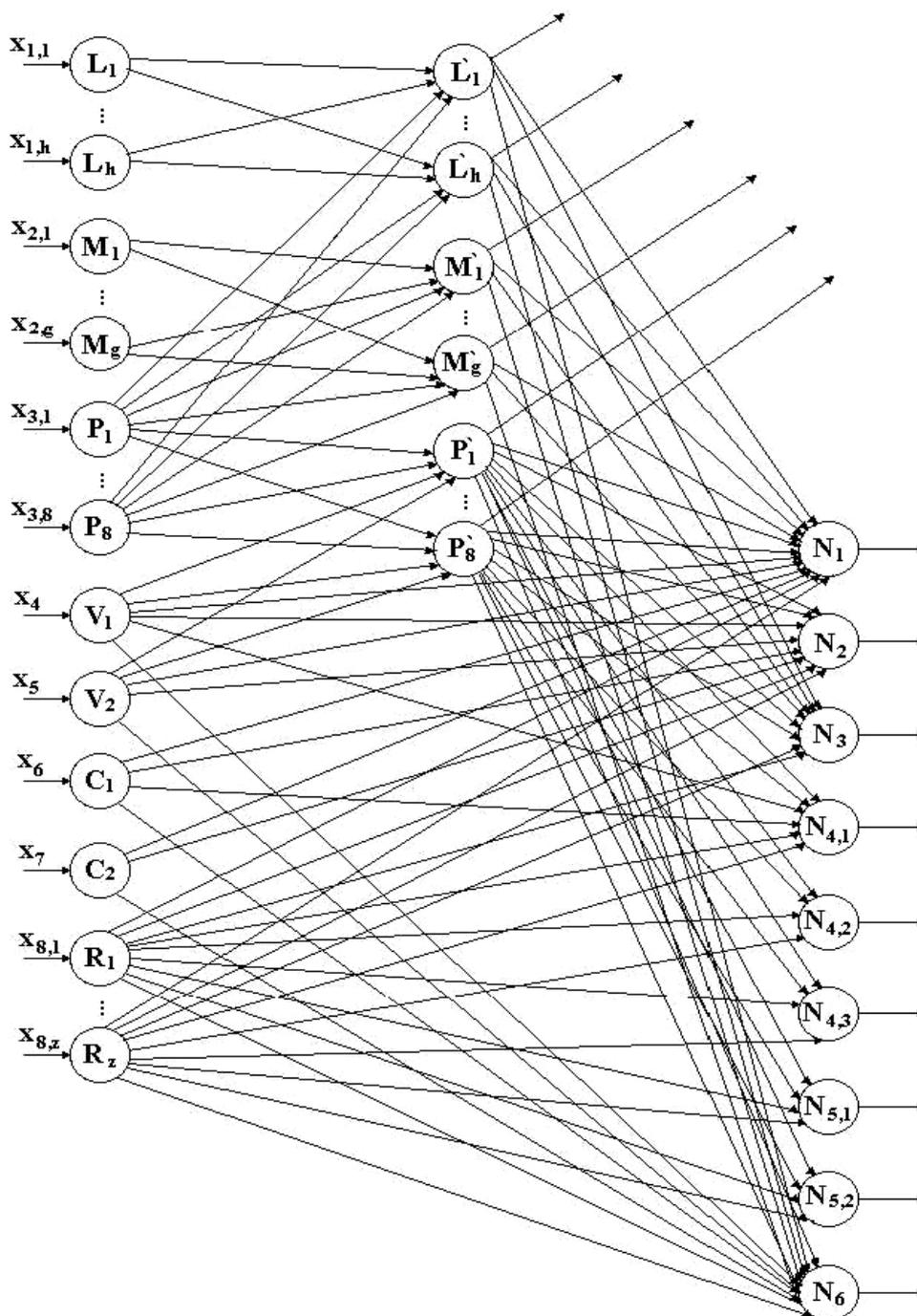


Рисунок 2 – Архитектура нейросети для решения заданий, связанных с прогнозной оценкой развития ситуации, а также определением последствий первоначальных решений

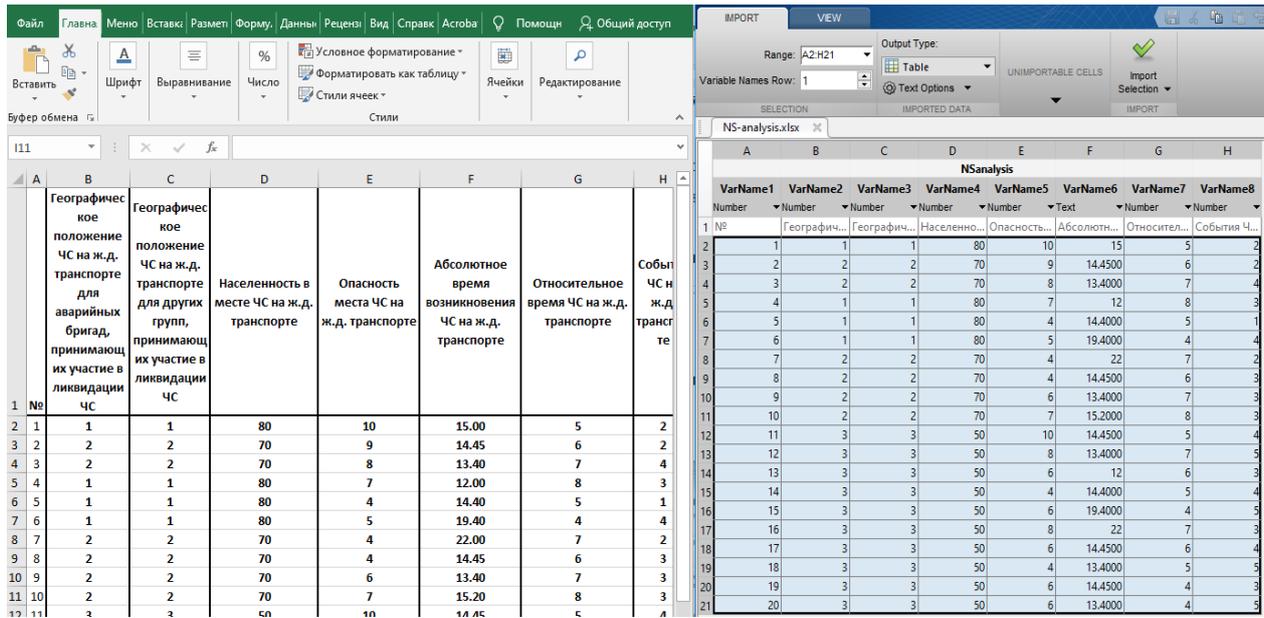


Рисунок 3 – Исходный файл с данными для обучения ИНС и подготовка данных для Matlab

После импорта данных было выполнено обучение ИНС средствами Matlab (рисунки 4, 5)

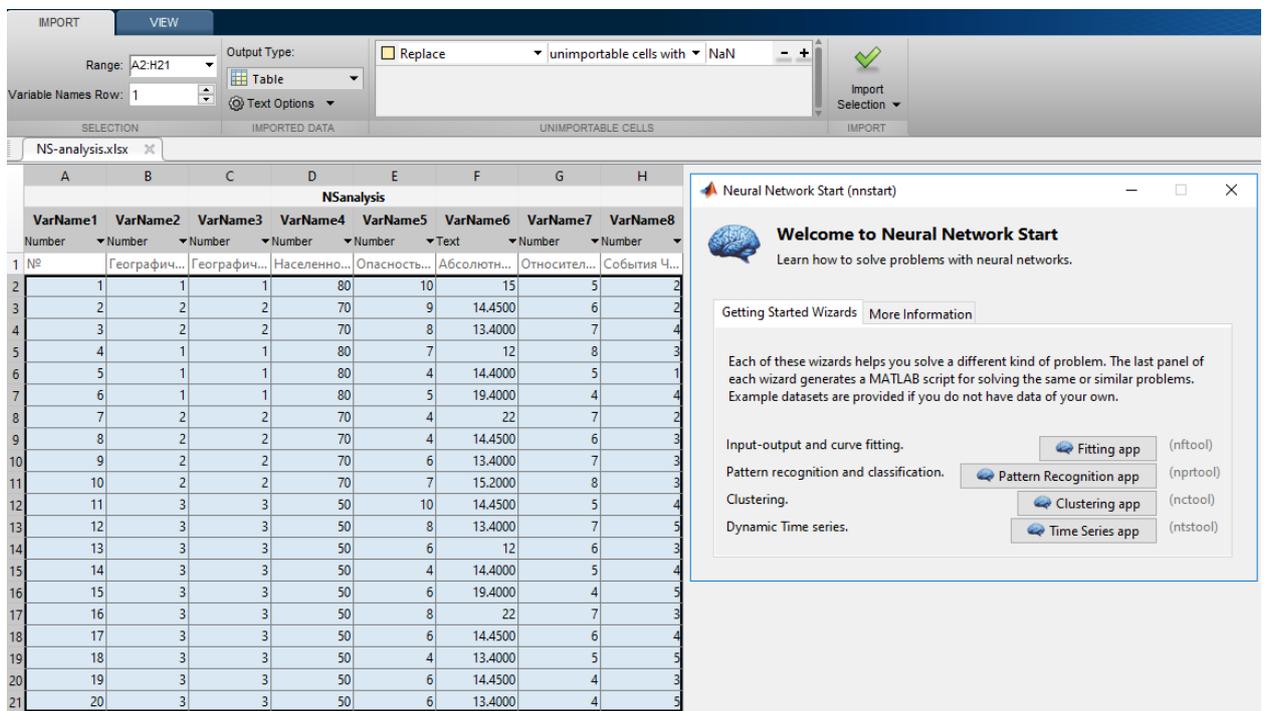


Рисунок 4 – Импорт исходных данных в Matlab

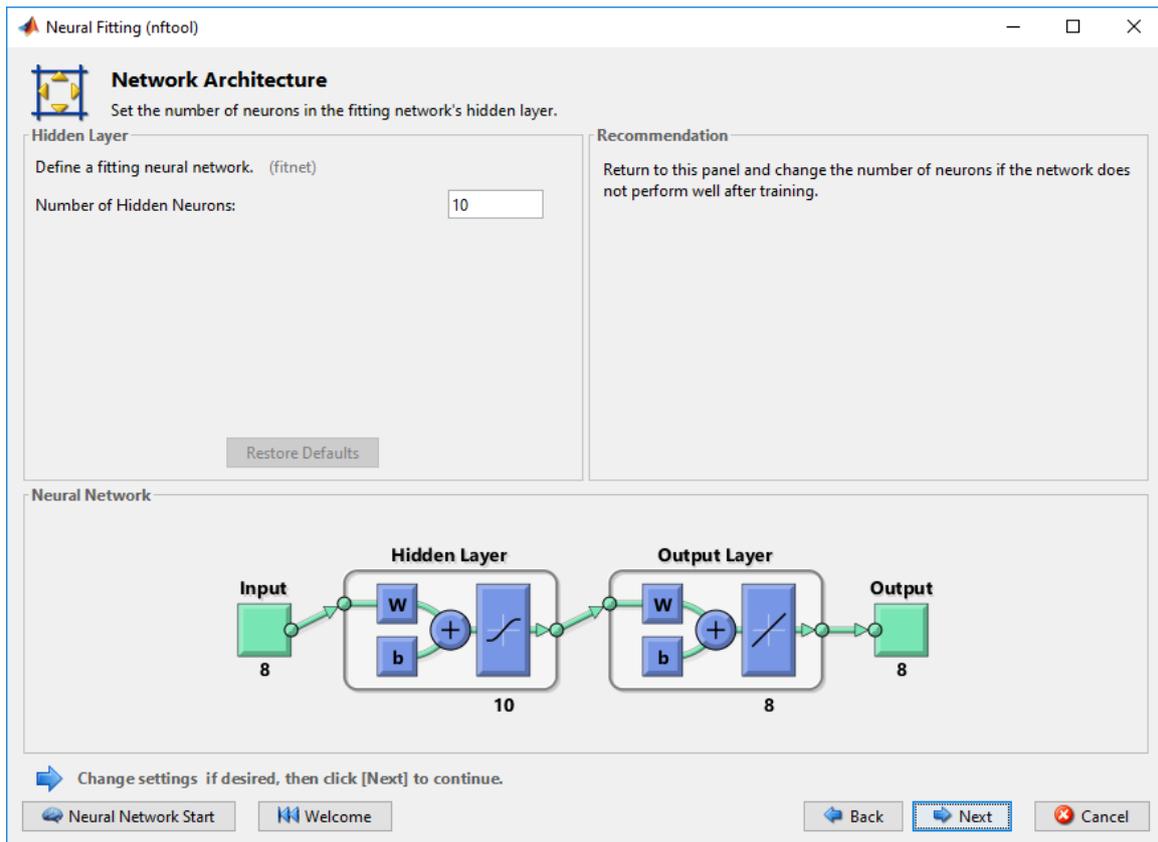


Рисунок 5 – Процесс построения и обучение ИНС в Matlab

Точность и эффективность обучения ИНС зависит от количества итераций в процессе обучения (рисунки 6, 7)

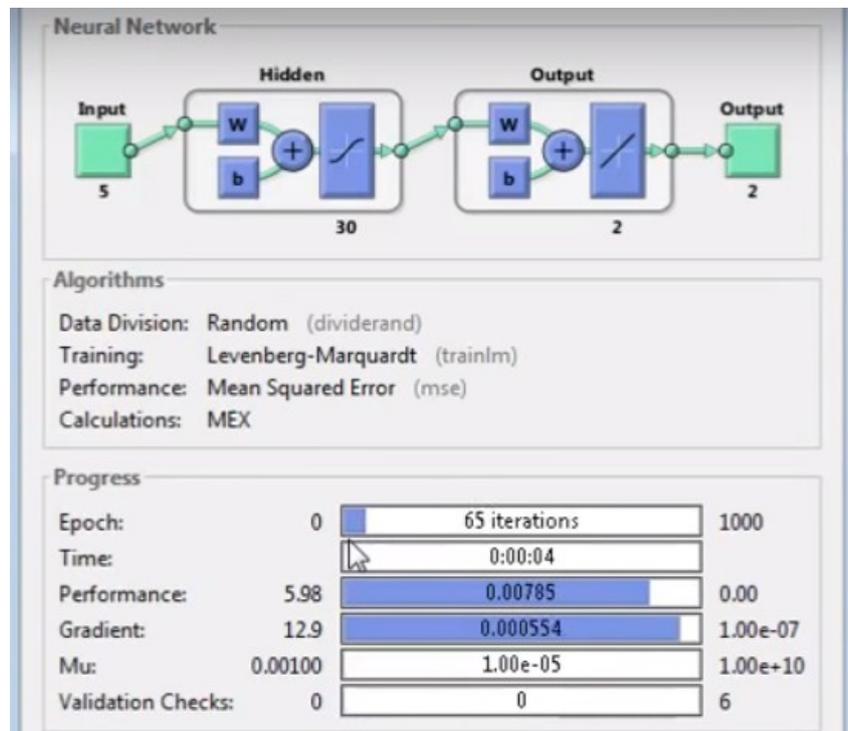


Рисунок 6 – Ход процесса обучения ИНС в Matlab

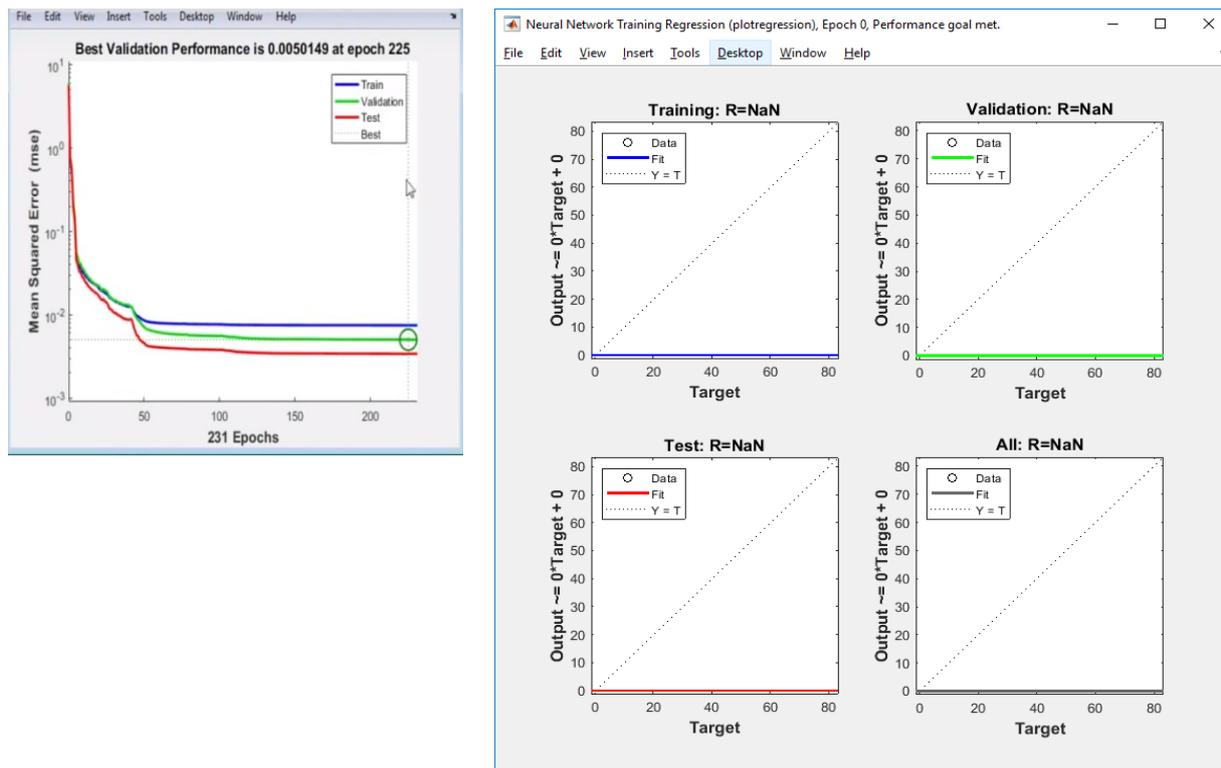


Рисунок 7 – Результаты обучения ИНС и выявление ошибок в работе

Как видно, из рисунка 7, в конце обучения ИНС ошибки становятся практически не заметными. Это подтверждает адекватность предложенной модели, а также возможность принятия разработанной концептуальной модели для последующей программной реализации на языках высокого уровня (например, на C++ или C#).

Реализация метода оценивания эффективности решений, принимаемых с помощью СППР (ИСППР), основывается на организации поиска решения по выбранным критериям.

Все данные распределены по трем матрицам. В первую матрицу (A) заносятся данные отношений критериев, которые образованы на основе парных сравнений. Во вторую матрицу (B) и третью матрицу (C) заносятся значения последствий возможных решений по каждому из выбранных критериев.

Далее выполняется нормирование матриц. Нормирование реализуют таким образом, чтобы сумма значений в каждом столбце равнялась единице, а данные матрицы C делятся на нормирующий делитель, который образован максимальным/минимальным значением в соответствующем столбце.

После формирования всех матриц для каждого решения рассчитывается его эффективность принятия по следующей зависимости:

$$r_j = \sum_{i=1}^9 k_i * n_{ji} * n_{ji}^o, \tag{2}$$

где k_i – весовой коэффициент критерия, (A) ;

n_{ji} – нормированное значение последствий для каждого решения r_j по каждому из критериев k_i , (B) ;

n_{ji}^o – отношение значения последствий принятого решения по каждому из критериев к нормирующему делителю, (C) ;

j – количество решений, для которых проводится оценивание, $j=1, h*(3*g+3)+2$

Более эффективным считается решение, для которого параметр r_j будет максимальным.

Таким образом, предложенная искусственная нейронная сеть является развитием базисных структур ИНС и обеспечивает наряду с решением прикладной задачи по распределению ресурсов, направленных на ликвидацию ЧС, также и прогнозирование для задач оценивания последствий принятых решений на выбор конкретных стратегий ликвидации последствий аварий и ЧС на ЖДТ в условиях структурной и параметрической неопределенности.

Разработано новое формализованное представление модели для задач распознавания ситуации и принятия первичных решений. Модель отличается от известных тем, что в ней учитываются информационные зависимости параметров ситуации, которые доступны лицам, принимающим решения (ЛПР) при принятии решения. Это дает возможность формализовать процесс принятия решений по распознаванию и прогнозированию ситуации.

Выводы.

Предложен метод для решения задач распознавания ЧС и прогнозирования ее развития, а также принятия первичных решений. Метод отличается от известных тем, что он базируется на формализации описания модели соответствующей задачи и правилах нечетко логического вывода и нечеткой искусственной нейронной сети, которая использует информацию о параметрах, характеризующих ситуацию, для автоматической генерации множества возможных решений.

Выполнено проектирование и последующее обучение искусственной нейронной сети в пакете Neural Networks Toolbox. Нечеткая модель подсистемы принятия первичных решений СППР была построена с помощью прикладного пакета Fuzzy Logic Toolbox программы Matlab. В ходе имитационного моделирования в пакете Matlab показано, что предложенная ИНС является развитием базисных структур ИНС, которая обеспечила не только решение прикладной задачи по распределению ресурсов, направленных на ликвидацию ЧС, но также дала возможность выполнять прогнозную оценку последствий принятых решений по выбору конкретных стратегий ликвидации последствий аварий и ЧС ЖДТ в условиях структурной и параметрической неопределенности.

Литература

1. Lakhno V., Akhmetov B., Korchenko A., Alimseitova Z., Grebenuk V. Development of a decision support system based on expert evaluation for the situation center of transport cybersecurity // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. –2018. – Vol. 96, Iss. 14. – P. 4530-4540.
2. Malyukov V.P. Conflict interaction of economic models // Cybernetics. – 1979. – Vol. 15, Iss. 6. – P. 867-875. – DOI: 10.1007/BF01069398.
3. Karaci A. Performance Comparison of Managed C# and Delphi Prism in Visual Studio and Unmanaged Delphi 2009 and C++ Builder 2009 Languages. // International Journal of Computer Applications. – 2011. – №. 26(1). – P. 9-15.
4. Осипов Д. Delphi. Профессиональное программирование. – СПб.: Символ-Плюс, 2006. – 1056 с.

5. Дарахвелидзе П., Марков Е. Программирование в Delphi 7. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 784 с.
6. Романов И.А. Применение теории предпочтений при анализе инновационных проектов // Перспективы науки и образования. – 2013. – №. 6. – С. 210-214.
7. Верескун В.Д., Цуриков А.Н. Информационно-управляющие системы в научных исследованиях и на производстве: Учебное пособие. – Scientific magazine" Kontsep, 2016.
8. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации: пер. с польск. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

References

1. Lakhno V., Akhmetov B., Korchenko A., Alimseitova Z., Grebenuk V. Development of a decision support system based on expert evaluation for the situation center of transport cybersecurity // Journal of Theoretical and Applied Information Technology. –2018. – Vol. 96, Iss. 14. – P. 4530-4540.
2. Malyukov V.P. Conflict interaction of economic models // Cybernetics. – 1979. – Vol. 15, Iss. 6. – P. 867-875. – DOI: 10.1007/BF01069398.
3. Karacı A. Performance Comparison of Managed C# and Delphi Prism in Visual Studio and Unmanaged Delphi 2009 and C++ Builder 2009 Languages. // International Journal of Computer Applications. – 2011. – №. 26(1). – P. 9-15.
4. Osipov D. Delphi. Professional programming. – St. Petersburg: Symbol-Plus, 2006. – 1056 p.
5. Darakhvelidze P., Markov E. Programming in Delphi 7. – St. Petersburg: BHv-Petersburg, 2003 – 784 p.
6. Romanov I.A. Application of the theory of preferences in the analysis of innovative projects // Prospects of science and education. – 2013. – No. 6. – pp. 210-214.
7. Vereskun V.D., Tsurikov A.N. Information and control systems in scientific research and production: Training manual. – Scientific magazine" Kontsep, 2016.
8. Osowski S. Neural networks for information processing: per. s Pol. – М.: Finance and statistics, 2002. – 344 p.

АХМЕТОВ Б.С. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

АБУОВА А.Х. – PhD докторы (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ЖАСАНДЫ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІНІ ПАЙДАЛАНУ МӘСЕЛЕЛЕРІ ТЕМІР ЖОЛ КӨЛІГІНДЕГІ ТӨТЕНШЕ ЖАҒДАЙЛАРҒА БАЙЛАНЫСТЫ ЖАҒДАЙДЫ ТАҢУ МІНДЕТТЕРІН ШЕШУ ҮШІН

Аңдатпа

Мақалада жасанды нейрондық желінің негізгі құрылымдарын дамыту қарастырылған, ол төтенше жағдайларды жоюға бағытталған ресурстарды бөлудің қолданбалы мәселесін шешумен қатар, құрылымдық және параметрлік белгісіздік жағдайында теміржол көлігіндегі апаттар мен төтенше жағдайлардың салдарын жоюдың нақты стратегияларын таңдау үшін қабылданған шешімдердің салдарын бағалау міндеттерін болжауды қамтамасыз етеді.

Жағдайды таңу және бастапқы шешімдер қабылдау үшін модельдің жаңа формалды көрінісі жасалды. Модель белгілі болғаннан ерекшеленеді, өйткені ол шешім қабылдаушыларға қол жетімді жағдай параметрлерінің ақпараттық тәуелділіктерін

ескереді. Бұл жағдайды тану және болжау туралы шешім қабылдау процесін рәсімдеуге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: теміржол көлігі, төтенше жағдайлар, апаттың салдарын жою, зияткерлік жүйелер, математикалық модельдер.

AKHMETOV B.S. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

ABUOVA A.Kh. – PhD (Almaty, Kazakh university ways of communications)

QUESTIONS OF USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK TO SOLVE THE PROBLEMS OF RECOGNIZING THE SITUATION ASSOCIATED WITH EMERGENCIES ON RAILWAY TRANSPORT

Abstract

The article considers the development of the basic structures of an artificial neural network, which provides, along with solving the applied problem of allocating resources aimed at eliminating emergencies, also forecasting for the tasks of assessing the consequences of decisions taken on the choice of specific strategies for eliminating the consequences of accidents and emergencies in railway transport in conditions of structural and parametric uncertainty.

A new formalized representation of the model has been developed for the tasks of recognizing the situation and making primary decisions. The model differs from the known ones in that it takes into account the information dependencies of the situation parameters that are available to decision makers. This makes it possible to formalize the decision-making process for recognizing and predicting the situation.

Keywords: railway transport, emergency situations, emergency response, intelligent systems, mathematical models.

УДК 621.391. 837:621.397.13

ПАВЛОВА Т.А. – ст. преподаватель (г. Алматы, Алматинский университет энергетики и связи)

САФИН Р.Т. – ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ГАРМАШОВА Ю.М. – к.т.н., доцент (г. Алматы, Алматинский университет энергетики и связи)

АКАНОВА Ж.Ж. – к.т.н., ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ЦИФРОВЫЕ ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация

В данной статье рассмотрены принципы функционирования оптической системы беспилотных летательных аппаратов и сделан вывод о преимуществах применения цифровых камер при аэрофотосъемке.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, разрешающая способность, оптические системы, цифровые камеры.

Введение.

Стимулом к развитию беспилотной авиации во всем мире послужила потребность в легких, относительно дешевых летательных аппаратах, обладающих высокими характеристиками манёвренности и способных выполнять широкий круг задач. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) успешно применяются в ходе военных операций по всему миру, и при этом они так же успешно выполняют задачи гражданского назначения. На сегодняшний день большинство существующих беспилотных летательных аппаратов пилотируются вручную, с помощью пультов дистанционного управления, работающих на радиоканалах. При ручном управлении БПЛА возникают трудности, связанные с подготовкой пилотов, недостаточной рабочей дальностью, ограничениями, связанными с погодными условиями. Управление БПЛА – задача для хорошо подготовленного профессионала.

Практическая ценность беспилотных летательных аппаратов.

Сам по себе БПЛА – лишь часть сложного многофункционального комплекса. В отличие от пилотируемой авиации для БПЛА требуются дополнительные элементы системы обеспечения. К ним относятся сам беспилотный аппарат, рабочее место оператора, программное обеспечение, линии передачи данных и элементы, необходимые для выполнения целей полета. Спектр применения беспилотных летательных аппаратов в гражданском секторе не ограничен, но при нынешнем состоянии правовой базы по использованию воздушного пространства выполнение полетов затруднено. В интересах народного хозяйства БПЛА могут применяться в следующих областях:

- для ведения поисковых работ;
- выполнения геологической разведки;
- аэросъемки местностей;
- выполнение авиационных химических работ;
- мониторинга территорий и объектов;
- ведения видеонаблюдения.

Беспилотные летательные аппараты обладают рядом преимуществ.

Во-первых, для выполнения одних и тех же задач, легкие беспилотные аппараты обходятся на много дешевле пилотируемых самолетов, которые нужно оснащать системами жизнеобеспечения, защиты, кондиционирования и т.д. Нужно готовить пилотов, а это стоит больших денег. В итоге получается, что отсутствие экипажа на борту существенно снижает затраты на выполнение того или иного задания, а также повышается полезная нагрузка летательного аппарата (ЛА).

Во-вторых, легкие (по сравнению с пилотируемыми самолетами) беспилотные летательные аппараты потребляют меньше топлива.

В-третьих, в отличие от пилотируемых самолетов, машинам без пилота не нужны аэродромы с бетонным покрытием. Большинство аэродромов нуждаются в реконструкции, а темпы ремонта сегодня не успевают следить за пригодностью взлётно-посадочных полос.

В-четвертых, важным преимуществом при использовании систем автоматического и полуавтоматического управления можно считать исключение человеческого фактора при выполнении поставленной задачи.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) приобрели широкую популярность благодаря возможности получать видовую радиотехническую информацию с местности, на которой трудно разместить оператора (наблюдателя). Развитие вычислительной техники и цифровых технологий обработки сигналов позволило существенно повысить, качество, скорость и объемы обработки изображений, обеспечить их передачу на большие

расстояния. Тем не менее, цифровые технологии имеют свои недостатки, которые оказывают влияние на эффективность их использования в средствах разведки и наблюдения [1, 2, 3].

Оптические системы в беспилотной технике применяются для:

- обзора местности и наблюдения за обстановкой на ней;
- получения детального изображения участков местности и объектов, находящихся на них;
- вскрытия объектов, находящихся на местности и визуально невидимых.

Технически системы реализуются в виде системы оптических устройств, размещаемых либо непосредственно в корпусе ЛА и жестко связанных с его конструкцией, либо с помощью гиросtabilизированных платформ, обеспечивающих поворот оптических осей устройств в любую сторону с заданной скоростью.

Использование гиросtabilизированных платформ с оптическими устройствами обеспечивает решение задач сопровождения выбранной цели при эволюциях ЛА в полете или изменении пространственного положения цели. Совместная установка телевизионной и инфракрасной камер позволяет существенно повысить информативность получаемого изображения, а дополнение в виде лазерного дальномера – целеуказателя дает возможность точного определения относительных координат цели.

Под разрешающей способностью цифровой оптической системы следует понимать способность оптической системы формировать на устройстве вывода (экран и т.п.) изображения предметов, находящихся на заданном удалении от объектива оптической системы с заданным уровнем детализации. Основным фактором, определяющим разрешение оптико-электронной системы, является ПЗС-матрица (прибор с зарядовой связью), на которую после объектива проецируется получаемое изображение.

Источником видовой информации является земная поверхность или воздушное пространство. Углы поля зрения объектива определяют объем информации, снимаемый с земной поверхности и воздушного пространства, и оказывают сильное влияние на разрешающую способность устройства. Следует также учитывать, что видовая информация, выводимая на экран, отличается от физического содержания просматриваемого участка местности, как по цветопередаче [4], так и по соответствию изображения на экране реальным линейным размерам и очертаниям объектов на земной поверхности. На рисунке 1 показаны области просмотра, формируемые объективом оптической системы. Размеры области просмотра зависят от высоты полета ЛА, углов поля зрения объектива и угла наклона оптической оси объектива.

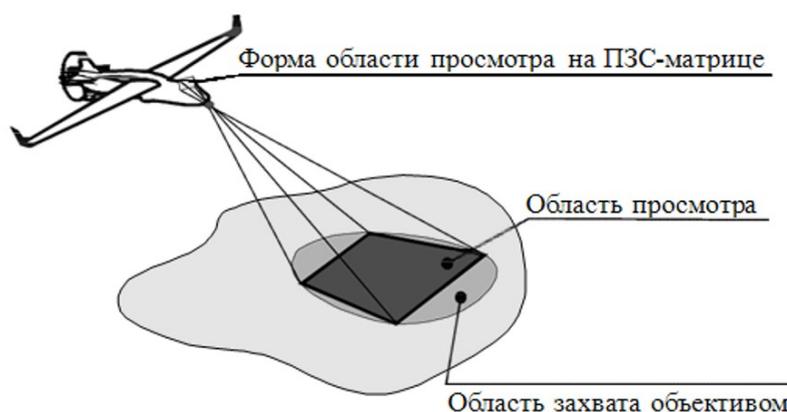


Рисунок 1 – Рабочие области оптической систем

На рисунке 1 показан вариант реализации оптико-электронного устройства. Видно, что форма физически просматриваемой области деформируется в фигуру

близкую к трапеции. При расчетах, в первом приближении, можно использовать допущение что, ввиду малости отношения:

$$\delta = \frac{l}{R_3} > 0,0003, \quad (1)$$

где l – длина равная наибольшему линейному размеру области просмотра, R_3 – средний радиус земли, искажениями из-за кривизны земной поверхности можно пренебречь и представлять ее плоскостью, совпадающей с некоторой срединной поверхностью.

Однако реальный профиль земной поверхности далек от плоскости и это сильно сказывается на эффективности использования оптико-электронных устройств. Учитывая, что бортовые оптико-электронные устройства применяются не для созерцания окружающей местности, а для выполнения конкретных функций, то целесообразно рассматривать степень пригодности оптической системы по возможности обнаружения типового объекта в типовых условиях применения БЛА. Например, на рисунке 2 показана область, в которой можно обнаружить сидящего человека, если он там есть, например, при проведении поисковой операции в условиях чрезвычайной ситуации. Примечательно, что граница этой области является совокупностью координат, в которых сидящий человек виден качестве точки (пикселя).

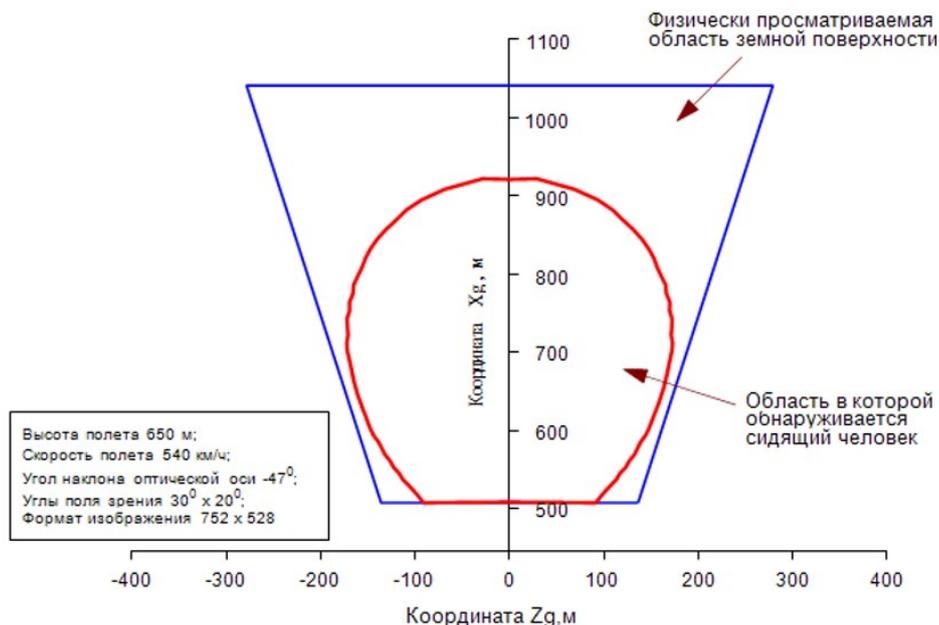


Рисунок 2 – Просматриваемая область земной поверхности

Одним из основных параметров, позволяющих определить необходимую высоту полета в зависимости от возможностей установленной оптической системы, является коэффициент заполнения (рисунок 3):

$$F_{\text{зап}} = \frac{F_{\text{оц}}}{F}, \quad (2)$$

где $F_{\text{оц}}$ – площадь области, в которой видна цель (объект),

F – площадь области просмотра.

Величина, обратная коэффициенту заполнения показывает, во сколько раз необходимо увеличить площадь области просмотра, чтобы искомый объект (цель) можно было увидеть на экране оптической системы. Размерность ПЗС-матрицы оказывает значительное влияние на разрешение оптического устройства (системы), поскольку размерность ПЗС-матрицы определяет уровень дискретизации изображения, поступающего с объектива. Чем выше размерность матрицы, тем выше уровень дискретизации и тем выше получается детализация изображения на экране системы. Следовательно, чтобы получить разрешение цифровой оптической системы близкое к оптическому разрешению объектива надо или иметь ПЗС-матрицу очень большой размерности или уменьшать углы поля зрения.

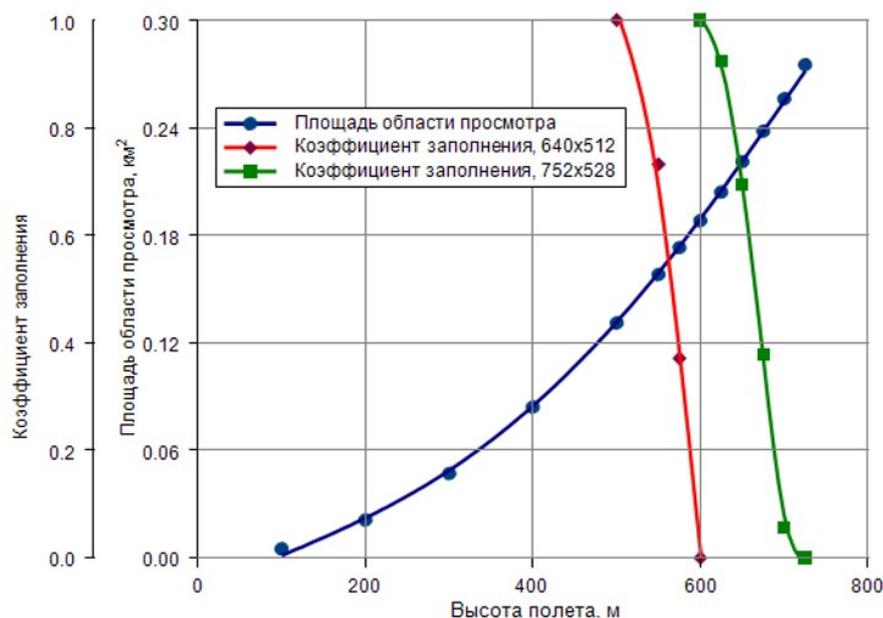


Рисунок 3 – Площадь области просмотра и коэффициент заполнения

Разрешение цифровой оптической системы (объектив, ПЗС-матрица, устройство вывода изображения (экран)), в общем случае определяется как зависимость средней по экранному полю величины локальной разрешающей способности от группы параметров:

$$R = f(L, \beta, \gamma, \phi, M), \quad (3)$$

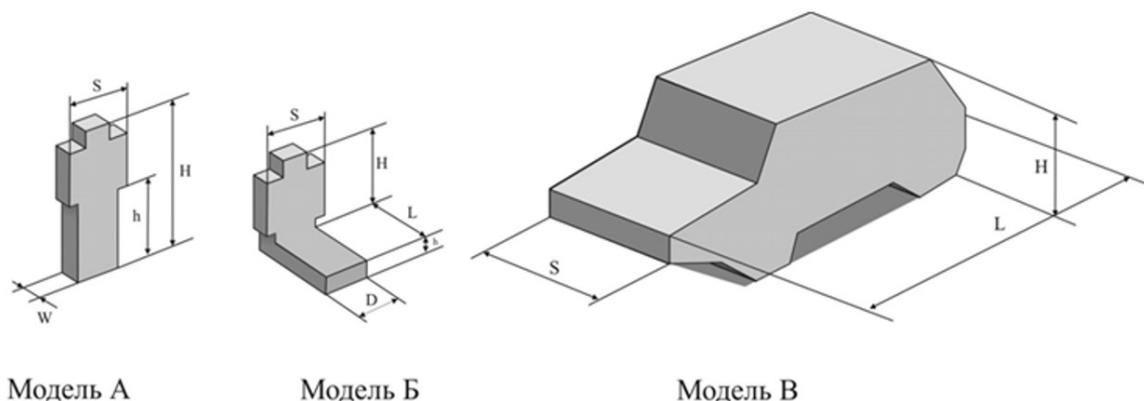
где L – наклонная дальность до точки на земной поверхности,

β, γ, ϕ – соответственно угловое смещение рассматриваемой точки от оптической оси вправо-влево, вверх-вниз и угол наклона оптической оси в нормальной системе координат;

M – размерность ПЗС-матрицы.

Очевидно, что размерности ПЗС-матрицы и матрицы экрана должны быть близки, а точнее – размерность матрицы экрана должна быть не ниже, чем у ПЗС-матрицы.

Для оценки разрешающей способности цифровой оптической системы можно использовать формализацию характерных объектов, для поиска которых обычно используются БЛА при решении различных задач. На рисунке 4 приведен пример формализации объектов.



Модель А – человек в полный рост,
 Модель Б – сидящий на земле человек,
 Модель В – автомобиль повышенной проходимости типа УАЗ-469

Рисунок 4 – Пример формализации объектов

Для формализованного объекта «Человек» (Модель А, рисунок 4) на рисунке 5 приведена графическая иллюстрация соотношения линейных размеров проекций человека на картинную плоскость и локальной (т.е. в конкретном месте экрана, на который выводится изображение) разрешающей способности оптической системы.

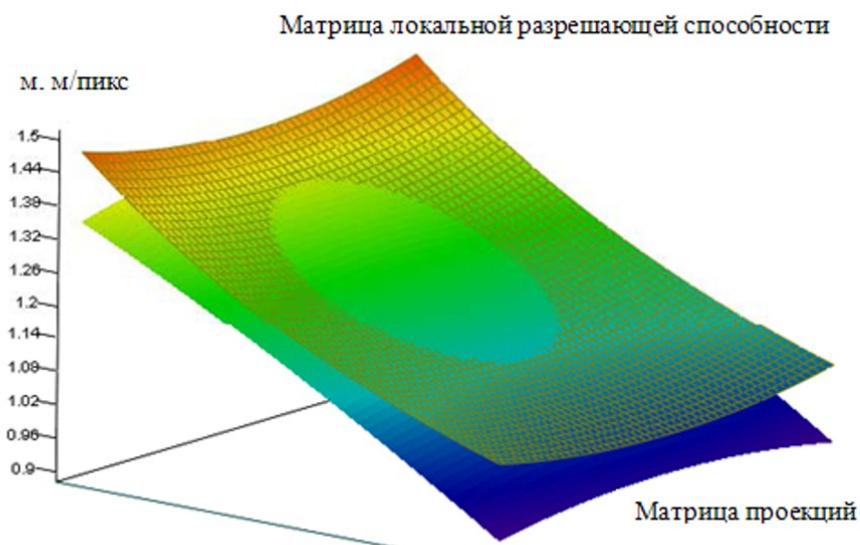


Рисунок 5 – Соотношение линейных размеров проекций человека на картинную плоскость и локальной разрешающей способности оптической системы

Линейные размеры проекций сведены в матрицу проекций и представлены в виде соответствующей поверхности, описывающей зависимость минимального размера проекции от номера элемента ПЗС-матрицы и имеет размерность в метрах. Вторая поверхность является графическим отображением матрицы локальной разрешающей способности оптической системы и описывает зависимость площади физического пространства, приходящейся на один пиксель ПЗС-матрицы от номера элемента этой матрицы. Пересечение двух поверхностей: поверхности проекций объекта и поверхности

местных разрешений, дает область, в которой можно увидеть искомый объект. Однако, это еще не говорит о том, что искомый объект можно будет идентифицировать. Для рассматриваемых условий (высота полета 1900 м, ПЗС-матрица 737x535, угол наклона оптической оси -52°) надо иметь оптическую систему с лучшим разрешением.

Поле зрения оптической системы является важной характеристикой, поскольку с его помощью обеспечивается не только получение необходимого изображения земной поверхности, но и решение задачи пространственной ориентации оператора, управляющего функциями беспилотного летательного аппарата.

Аэрофотосъемка беспилотными летательными аппаратами получает все большее распространение, что обуславливает применение в комплексе с БПЛА современных цифровых фотокамер, как специально спроектированных, так и стандартных. Снимки, сделанные на цифровую камеру, сразу же после съемки могут быть обработаны. Применение аэрофотоаппаратов (АФА) с БПЛА, относящихся к классу Микро и Мини по международной классификации, невозможно, так как они имеют достаточно большой вес и размер, а также обладают рядом недостатков [5, 6].

Для планирования аэрофотосъемки необходимо произвести расчет основных параметров [6]. При расчете параметров аэрофотосъемки беспилотным летательным аппаратом, оснащенным цифровой камерой, потребуются следующие исходные данные, которые сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета параметров аэрофотосъемки

Показатель		Ед. изм.	Обозначение	Значение
Размеры участка	длина	м	D_x	8000
	ширина	м	D_y	750
Размер пикселя на местности		пкс/м	GSD	0,1
Размеры сторон снимка	высота	пкс	l_x	4320
	ширина	пкс	l_y	3240
Продольное перекрытие снимков в маршруте		%	P_x	85
Поперечное перекрытие		%	P_y	20
Скорость БЛА при аэрофотосъемке		м/с	V	8,33
Время записи информации в цифровой фотокамере		с	T_{RF}	8

При проведении аэрофотосъемки цифровыми фотокамерами, чтобы получить снимки с требуемым размером пикселя на местности, необходимо выполнять съемку на определенной высоте [7, 8]. Разрешающую способность цифровых снимков принято характеризовать числом точек на дюйм – dpi и размером пикселя на местности – GSD. Рассчитывается высота полета по следующей формуле:

$$H_{пол} = GSD \cdot l_x \quad (4)$$

где $H_{пол}$ – высота полета, м;

GSD – размер одного пикселя на местности, разрешение пикселя, м/пкс;

l_x – размер снимка камеры, пкс.

$$H_{пол} = 0,1 \text{ м/пкс} \cdot 4320 \text{ м} = 432 \text{ м}.$$

Так как цифровые снимки имеют форму прямоугольника, рекомендуется во время съемки располагать камеру длинной стороной вдоль направления съемки, так как это позволит увеличить базис фотографирования, а, значит, и улучшить фотограмметрическую засечку (рисунок 6).

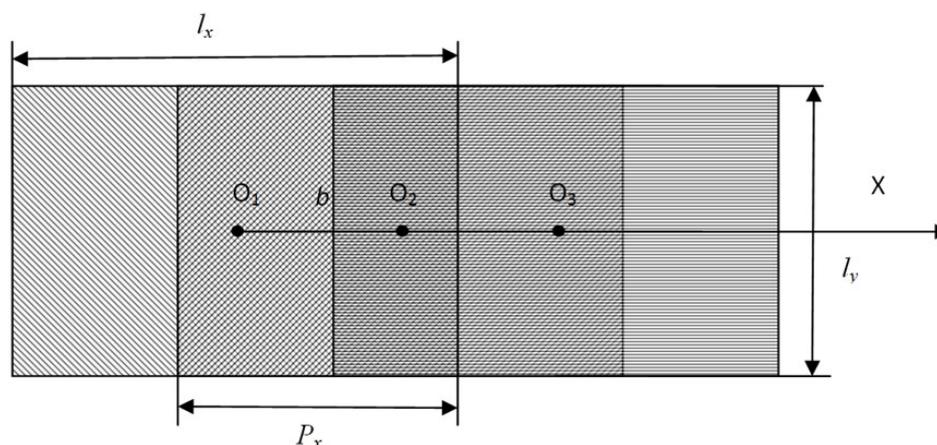


Рисунок 6 – Взаимное расположение снимков в маршруте

На рисунке 6 хорошо видно, что если соотношение сторон снимка составляет 2:3, то, расположение снимка длинной стороной вдоль направления съемки позволяет увеличить базис фотографирования (b) в 1,5 раза. Соответственно в 1,5 раза увеличивается время T_{RF} для записи информации с цифровой камеры на накопитель. Поэтому минимальное расстояние между кадрами B_{min} для цифровой камеры в первую очередь зависит от ее технических характеристик и скорости беспилотного летательного аппарата V .

$$B_{min} = V \cdot T_{RF} \quad (5)$$

$$B_{min} = 8,33 \text{ м/с} \cdot 8 \text{ с} = 66,64 \text{ м}.$$

Перекрытия между соседними снимками одного маршрута называются продольными (P_x). Как слишком малые, так и слишком большие перекрытия для производства непригодны. Для стереоскопического просмотра заснятой местности достаточно иметь продольное перекрытие в 50%. Но краевые части аэроснимков имеют ряд дефектов, поэтому просмотреть стереоскопически всю площадь аэроснимка не удастся. Большие перекрытия также недопустимы, так как это резко снижает объемность изображения. При почти 100% перекрытии получаются два одинаковых аэроснимка, у которых нет стереоскопического эффекта. Перекрытия между соседними снимками в равнинных условиях съемки должны находиться в пределах 56-69%, в горных – до 80-90%. Таким образом, расстояние между снимками (B) с учетом продольного перекрытия определяется по следующей формуле:

$$B = \frac{l_x \cdot (100 - P_x)}{100} \cdot GSD \quad (6)$$

$$B = \frac{4320 \text{ пкс} \cdot (100 - 85)}{100} \cdot 0,1 \text{ м/пкс} = 64,8 \text{ м}.$$

Но при проведении аэрофотосъемки с применением БПЛА, для того чтобы обеспечить необходимое продольное перекрытие между соседними снимками одного маршрута (рисунок 7), должно соблюдаться следующее ограничение:

$$B_{\min} \geq B$$

Ширина маршрута на местности (L_M) зависит от высоты кадра (l_y) применяемой в комплексе с БЛА цифровой камеры.

$$L_M = l_y \cdot GSD \tag{7}$$

$$L_M = l_y \cdot GSD = 3240 \text{ пкс} \cdot 0,1 \text{ м/пкс} = 324 \text{ м}.$$

Перекрытия между маршрутами называются поперечными (P_y). Величина их обычно задается в пределах 20-40%. Определить расстояние между смежными маршрутами можно по формуле:

$$L_y = \frac{l_y \cdot (100 - P_y)}{100} \cdot GSD \tag{8}$$

$$L_y = \frac{l_y \cdot (100 - P_y)}{100} \cdot GSD = \frac{3240 \text{ пкс} \cdot (100 - 20)}{100} \cdot 0,1 \text{ м/пкс} = 259 \text{ м}.$$

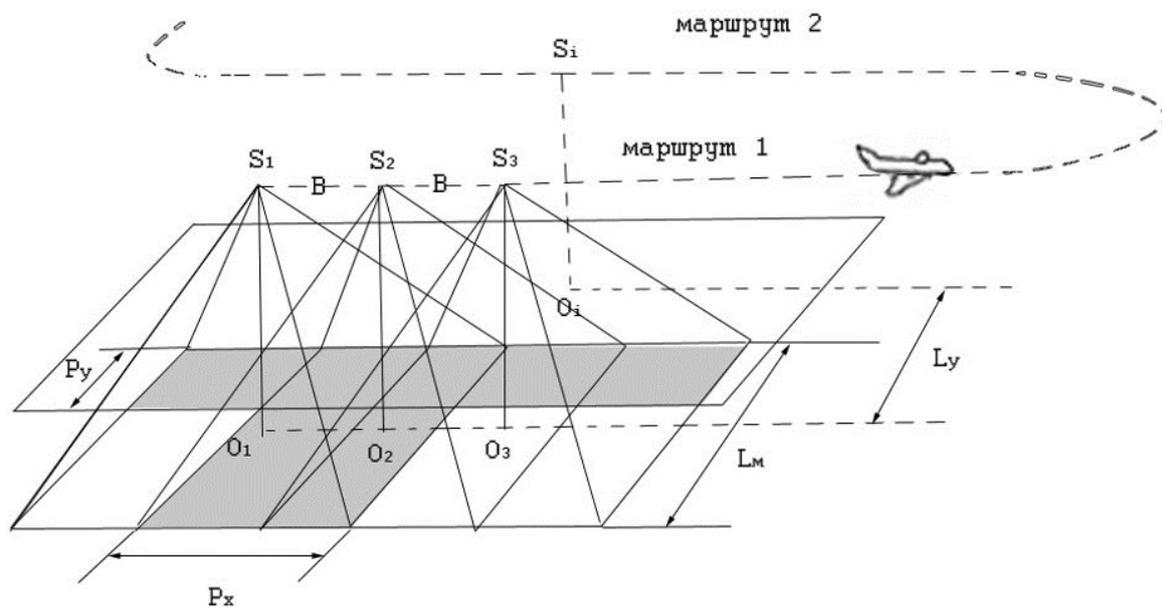


Рисунок 7 – Схема аэрофотосъемки участка

Выводы.

Применение в составе бортового оборудования цифровых камер позволяет в условиях хорошей метеовидимости и освещенности обеспечить высокое разрешение и детальный мониторинг подстилающей поверхности в режиме реального времени.

Современные технологии передачи, записи и хранения цифровых данных практически не подвергают сигнал искажениям. Одно из неоспоримых преимуществ цифровых технологий – возможность применения к оцифрованному сигналу мощного математического аппарата сжатия видео и аудио информации.

Цифровые камеры находят все более широкое практическое применение, и их «разброс» по цене, характеристикам, требованиям к наличию дополнительного оборудования и другое значительно шире, чем для аналоговых камер. Это дает возможность выбора наиболее подходящего оборудования, для применения его в конкретных условиях.

Литература

1. Грузман И.С., Киричук В.С., Косых В.П., Перетягин Г.И., Спектор А.А. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. – 168 с.

2. Прэрт Э. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн. 1 – 312 с.

3. Оппенгеймер А.В., Шафер Р.В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. / Под ред. С.Я. Шаца. – М.: Связь, 1979. – 416 с.

4. Безрядин С.Н. Основной недостаток сенсоров современных цифровых камер. сайт компании «Зенит», интернет страница www.zenit.istra.ru/articles/colour.

5. Никифоров А.А., Кадегров В.С. Беспилотные летательные аппараты российского производства, применяемые в лесной отрасли. / Материалы третьей Международной научно-практической интернет-конференции «Леса России в XXI веке». – СПб.: СПбГЛТА, 2010. – № 3. – С. 144-149.

6. Никифоров А.А., Мунимаев В.А. Анализ зарубежных беспилотных летательных аппаратов // Труды лесоинженерного факультета ПетрГУ. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2010. – № 8. – С. 97-99.

7. Любимов А.В., Вавилов С.В. Лесная аэрофотосъемка и авиация. Оценка качества аэрофотосъемки: Методические указания к лабораторным занятиям. – Л.: ЛТА, 1985. – 44 с.

8. Никифоров А.А. Цифровые фотоаппараты, применяемые для аэрофотосъемки беспилотными летательными аппаратами в лесном хозяйстве. / Материалы первой международной научно-практической интернет-конференции «Леса России в XXI веке». – СПб.: СПбГЛТА, 2010. – № 4. – С. 65-70.

References

1. Gruzman I.S., Kirichuk V.S., Kosykh V.P., Peretyagin G.I., Spector A.A. Digital image processing in information systems: A textbook. – Novosibirsk: NSTU Publishing House, 2000. – 168 p.

2. Pratt E. Digital image processing: Trans. from English. – M.: Mir, 1982. – Book 1. – 312 p.

3. Oppenheimer A.V., Shafer R.V. Digital signal processing: Translated from English / Edited by S.Ya. Schatz. – M.: Svyaz, 1979. – 416 p.

4. Bezryadin S.N. The main disadvantage of sensors of modern digital cameras. Zenit company website, internet page www.zenit.istra.ru/articles/colour.

5. Nikiforov A.A., Kadegrov V.S. Unmanned aerial vehicles of Russian production used in the forestry industry. / Materials of the Third International scientific and practical Internet conference "Forests of Russia in the XXI century". – St. Petersburg: SPbGLTA, 2010. – No. 3. – pp. 144-149.

6. Nikiforov A.A., Munimaev V.A. Analysis of foreign unmanned aerial vehicles // Proceedings of the Forest Engineering Faculty of PetrSU. – Petrozavodsk: Publishing House of PetrSU, 2010. – No. 8. – pp. 97-99.

7. Lyubimov A.V., Vavilov S.V. Forest aerial photography and aviation. Assessment of the quality of aerial photography: Guidelines for laboratory classes. – L.: LTA, 1985. – 44 p.

8. Nikiforov A.A. Digital cameras used for aerial photography by unmanned aerial vehicles in forestry. / Materials of the first international scientific and practical Internet conference "Forests of Russia in the XXI century". – St. Petersburg: SPbGLTA, 2010. – No. 4. – pp. 65-70.

ПАВЛОВА Т.А. – аға оқытушы (Алматы қ., Алматы энергетика және байланыс университеті)

САФИН Р.Т. – аға оқытушы (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ГАРМАШОВА Ю.М. – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., Алматы энергетика және байланыс университеті)

АКАНОВА Ж.Ж. – т.ғ.к., аға оқытушы (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ҰШҚЫШСЫЗ ҰШУ АППАРАТТАРЫНЫҢ САНДЫҚ ОПТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІ

Аңдатпа

Бұл мақалада ұшқышсыз ұшу аппараттарының оптикалық жүйесінің жұмыс істеу принциптері қарастырылған және аэрофототүсірілімде сандық камераларды қолданудың артықшылықтары туралы қорытынды жасалды.

***Түйінді сөздер:** ұшқышсыз ұшу аппараттары, ажыратымдылық, оптикалық жүйелер, сандық камералар.*

PAVLOVA T.A. – senior lecturer (Almaty, Almaty university of power engineering and telecommunications)

SAFIN R.T. – senior lecturer (Almaty, Kazakh university ways of communications)

GARMASHOVA Yu.M. – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Almaty university of power engineering and telecommunications)

AKANOVA Zh.Zh. – c.t.s., senior lecturer (Almaty, Kazakh university ways of communications)

DIGITAL OPTICAL SYSTEMS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Abstract

This article discusses the principles of functioning of the optical system of unmanned aerial vehicles and concludes about the advantages of using digital cameras in aerial photography.

***Keywords:** unmanned aerial vehicles, resolution, optical systems, digital cameras.*

UDC 336

OMAROV A.D. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

OMAROVA K.T. – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

SARZHANOV T.S. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

MUSAYEVA G.S. – d.t.s., professor (Almaty, Academy of logistics and transport)

STRENGTHENING THE POTENTIAL OF THE INVESTMENT CLIMATE OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract

This article proposes policy alternatives to address the ineffectiveness of implementing measures to improve the investment climate in Kazakhstan to attract investors.

In order to assess the above alternatives, five criteria selected - efficiency, implementation cost, political acceptability, public support, and time of implementation.

Key words: *investment potential, investment climate, investor, efficiency, investment policy.*

In the Strategy "Kazakhstan-2050": a new political course of an established state", Kazakhstan is given the task of joining the top 30 developed countries, and modernization of the country in the context of global competition is named as a key challenge.

To solve this problem, as well as to diversify the economy and increase the country's competitiveness, the State Program of Industrial and Innovative Development for 2020-2025 is implemented, according to which a new policy of attracting foreign investment will become a significant measure to saturate the domestic market with the necessary funds. The targeting and efficiency of work with foreign companies, primarily TNCs, and the creation of an attractive investment climate that meets the standards of the OECD countries [1].

Comprehensive pragmatism (in the context of a new economic reality, capital outflow from emerging markets, falling prices for raw materials) means building up the country's economic potential by creating a favorable investment climate. This principle implemented by improving budgetary policy, tax and customs policies, transitioning to a digital economy, exchanging technologies with other countries, promoting the country's investment image, etc. [2].

Thus, the country's economic growth directly depends on the ability to attract foreign investment in production.

In 2017, in his Address to the people "The third modernization of Kazakhstan: global competitiveness", the Head of State noted that Kazakhstan needs to maintain its leadership in attracting foreign investment and instructed the Government to prepare an investment strategy [3].

So, in 2017, together with the World Bank, the National Investment Strategy (Strategy) was developed and adopted, the main goal of which is to create a favorable investment climate and attract investments aimed at increasing efficiency.

The first objective of this Strategy is to create favorable conditions for attracting investment; as its target indicators, the indicators of the GIC WEF and OECD standards are used [4].

The emphasis in the development of the Strategy was placed on the implementation of measures aimed at attracting foreign direct investment in non-resource sectors, primarily export-oriented.

In general, the Strategy pays special attention to attracting and retaining existing investors, as well as stimulating reinvestment.

The Strategy defines clear sectoral and country priorities. Thus, the priority sectors are divided into two groups.

First, these are industries with active potential, such as the food industry, deep processing of oil, gas and minerals (that is, metallurgy, chemistry and petrochemistry), as well as mechanical engineering. This group consists of export-oriented industries in which it is possible to promote FDI aimed at improving efficiency in the short to medium term.

The second group is "promising industries" such as information and communication technologies, tourism and finance. This group consists of industries in which investors may be interested in the long term. If we can strengthen our competitive position or improve the size of the market, these industries can demonstrate good potential to attract investment in the country and become export-oriented service industries. The global economy has seen steady growth in these industries as a whole.

Also, taking into account economic opportunities, the 36 potential countries of the world, of which 11 countries are the highest priority for us (USA, RF, Great Britain, Germany, France, Italy, China, Japan, South Korea, Turkey, United Arab Emirates).

Systemic measures to improve the investment climate in the manufacturing sector will be addressed by attracting at least 10 TNCs to the processing sector of Kazakhstan and increasing the inflow of investments into the national economy, which is assumed to be in the following directions:

1) implementation of country programs to attract investment with priority countries with constant monitoring of joint projects, comprehensive support for each project,

2) support for existing investors (reinvestment). For the subsequent reinvestment in the creation of new types of products or the expansion of existing industries, investors will be provided with comprehensive support, including by promptly responding to the problems that have arisen and solving them by the investment ombudsman.

3) attraction of infrastructure investments through the mechanism of public-private partnership.

4) privatization, within the framework of which the issue of introducing new measures of financial support for the development of the country's economy will be worked out [5].

At the same time, the achievement of the goals defined by the strategy restrained by a number of negative factors, as evidenced by the result of the **SWOT analysis**.

Strengths	Weaknesses
<p>1. Today, Kazakhstan demonstrates a high level of investment potential, and is a leader in attracting foreign direct investment (FDI) in Central Asia.</p> <p>2. In 2017, Kazakhstan became an associate member of the OECD Investment Committee, and the 48th country to join the OECD Declaration on International Investment and Multinational Enterprises, which indicates the compliance of the investment policy pursued with the standards of developed countries of the world.</p> <p>3. In the rating of the World Bank "Doing</p>	<p>1. According to the results of the 1st half of 2020, there is a decline in the manufacturing industry by 11.5%, the possible reasons for which are the completion of the modernization of oil refineries in the cities of Shymkent and Pavlodar, as well as the completion of the Bozshakol GOK in Pavlodar region.</p> <p>2. Insufficiently developed transport and logistics infrastructure causes a high level of transport costs, which negatively affects the competitiveness of goods. The underdeveloped infrastructure of airports and</p>

<p>Business" Kazakhstan has risen by 8 positions and took the 28th place, also Kazakhstan remains the world leader in the protection of minority investors for the second year in a row.</p> <p>4. For the first half of 2018, the largest growth in gross FDI inflows is observed in such industries as information and communications (5.7 times), professional and scientific and technical activities (4.1 times), financial and insurance activities (73.1%), trade (37.3%), transport (21.7%) and mining (13.6%).</p> <p>5. Investment preference:</p> <ol style="list-style-type: none"> tax preferences; state in-kind grants. exemption from customs duties; investment subsidy. <p>6. An accessible dialogue platform. Meetings of the Council for Improving the Investment Climate are held monthly, where the following topics are considered: "Renewable Energy Sources", "Judicial Reform", "Issues of Economic Diversification: Agriculture, Mining Industry and Technologies", "Opportunities for attracting foreign investment in agriculture and logistics", "On people's health and the health care system", "Investments in the socio-cultural sphere", "Creating a level playing field for investors" and "Waste management strategy"</p> <p>7. The principle of "One window" for investors</p> <p>8. "Investment Ombudsman" to resolve controversial issues before trial.</p>	<p>the lack of railway facilities, as well as the lack of modern logistics centers hinder the development of the country's export potential.</p> <ol style="list-style-type: none"> ... Administrative barriers (bureaucracy) Corruption burden on investors Instability of tax and customs legislation, and also other legislation, regulating business. Instability of the national currencies Lack of a Database on investment projects for offers to investors. Lack of natural gas and gas price uncertainty Non-compliance with the judicial systems to international standards Not perfected intellectual protection system property Lack of practice responsible business conduct (incl. Social responsibility) Availability of administrative barriers within the EAEU in the field trade.
<p style="text-align: center;">Opportunities</p> <ol style="list-style-type: none"> A legal framework has been created for international investment cooperation with the main partner countries: signed 49 intergovernmental agreements on encouragement and mutual protection of investments (USA, Austria, UK, Germany, Spain, Netherlands, France, UAE, etc.). Also, about There are 12 special economic zones (FEZ) and 22 industrial zones (FROM). Currently in the system monitoring of KazakhInvest JSC there are 188 projects worth \$ 49.8 billion, of which stages of construction and installation works there are 52 projects worth \$ 13.2 billion. dollars. 	<p style="text-align: center;">Threats</p> <ol style="list-style-type: none"> Economic stagnation development, middle income trap, Dutch disease The negative impact of growth inflation on the inflow of investments into the economy Nationalization or expropriation of investments Further devaluation of national currency Not profitable economic conditions within the EAEU Low level of education, and consequent shortage qualified personnel External factors (anti-Russian sanctions) Falling prices for basic export goods (oil and metals) Further decline import duties under the

Documentation is being developed for commencement of construction work on 51 projects at the amount of 12.5 billion dollars, at the stage of development 74 projects worth \$ 23.4 billion 4. Kazakhstan is strategically important geographical location – through transport routes to China pass through it, Europe, the Middle East and Russia (for example, the implementation of the project "Western Europe - Western China").	WTO
---	-----

PEST analysis of the implementation of measures to improve the investment climate

Political aspects	Economic
Legislation often change. At the same time, the state support for new productions expands in both the legislative sphere and information.	Expansion task set investor access to funding, but increased requirements for the level of economic efficiency of projects.
Sociological	Technological
Creation of new diversified technologies creates new jobs for different specialties and creates demand for highly qualified work. Implementation of world standards in corporate governance socially oriented business.	Kazakhstan needs to be taken over experience of new technologies, creation new high-tech production, change of technology industries to increase efficiency and resource saving

In general, a number of problematic issues have been identified related to economic, legal and regional restrictions. The most frequent constraints in implementation investment projects are issues related to insufficient 6 developed infrastructures, administrative and corruption burden on investors, instability of legislative norms, etc. [6].

It is proposed to consider the following political alternatives:

Political Alternative # 1 - Status Quo. Improvement of the condition infrastructure. To improve the condition of infrastructure facilities in work is underway to expand the use of PPPs in all sectors of the economy and the implementation of "pilot" PPP projects in the spheres transport, health care, education and science, water supply from elements of world practice of PPP instruments, as well as to simplify the order of passage, procedures for the preparation and implementation of "small PPP projects".

Also, the Ministry of National Economy of the Republic of Kazakhstan and local executive bodies determined the list of republican and local pilot concession projects in the field of transport, preschool education, health care and local development infrastructure (construction of roads, hospitals, kindergartens, water utilities, etc.), through which the work on their implementation will be introduced.

At the same time, in November 2018, in pilot mode, points of collection of tolls from motorists on the Almaty - Kapshagai highways, Almaty - Khorgos and Astana - Temirtau. In general, in 2020 year; about 6.6 thousand km be covered by the toll collection system [7].

However, many investors point out that in order to increase investment attractiveness Kazakhstan needs to invest in infrastructure and urban development projects due to the huge territory of the country and low population density. Underdeveloped transport and logistics infrastructure determines a high level of transport costs, which negatively affects

competitiveness of goods. Underdeveloped airport infrastructure and shortage of railway facilities, as well as a shortage modern logistics centers restrain the disclosure of export potential of the country.

At the same time, a number of identified problematic issues in the industry in the context of the implementation of the task of complete gasification of the regions of the country. Objectives include the geographical specifics of our country, before its entire length and insufficiently developed transport communications, but also low intelligence in large areas small and medium hydrocarbon deposits of regional significance. TO subjective - imperfection of management models, excessive centralization and monopoly of the gas industry. Critically revise domestic and world experience in gasification of territories and investment priorities in gas supply required.

In general, it should be noted that further development infrastructure would help attract investment, taking into account the fact that Kazakhstan occupies a strategically important geographical position - transport routes to China, Europe pass through it, the countries of the Middle East and Russia. Analysis of the criteria indicates that some time for implementation and to obtain an economic effect, however this task is one of the priorities, in connection with which supported.

Political Alternative # 2 - Creation of a base of investment projects requiring investment. Formation and systematization a high-quality package of promising investment (niche) projects for offering to investors. Currently, KazakhInvest JSC together with Deloitte prepared investment proposals for 48 niche projects in priority sectors of the economy. The specified investment proposals include teasers, business plans, financial models and other necessary information on projects [8].

However, this base is not able to meet the needs potential investors. In addition, this system must include investment projects of akimats requiring financing. At the same time, it should be noted that there is no electronic database of the projects requiring investment. This alternative is acceptable, but requires financial resources from the budget.

Political Alternative # 3 - Creating Conditions for Reducing administrative and corruption burden on investors, ensuring more effective support of investors entering the national market.

In 2016, the second investment climate review was carried out experts of the OECD, which resulted in recommendations for reducing the administrative and corruption burden based on international experience that will help make it easier to do business in our country:

- adjusting the sectoral program to counter corruption in the Republic of Kazakhstan for 2011-2015 and an action plan on its implementation, with proper monitoring, including with the participation civil society, with consideration of the results in meetings Commission under the President of the Republic of Kazakhstan;
- development of a methodology for assessing the problem of corruption, covering both the public and private sectors;
- broad involvement of civil society organizations in formation and implementation of anti-corruption policy;
- continuation of the harmonization of legislation on corruption offenses (Law "On Combating Corruption", Criminal Code, Code of Administrative Offenses);
- availability of mandatory anti-corruption expertise of all projects normative acts; eight
- concretization of the main directions of reforms in the field state financial control in order to clearly separate key functions: external audit, internal audit, internal control, financial inspections;
- continuation of the reform of the legislation on public procurement, in particular, significantly reduce the number of areas that do not fall within subject to the Law on Public Procurement, to provide competitive procurement procedure based on the law and in accordance with international standards for national management holdings, national holdings, national management companies, national companies and legal entities affiliated with them;

- amendments to legislative acts in order to strengthen independence of the judiciary and judges;

- reduction of licensing, licensing covers types activities that in world practice do not belong to the category licensed (construction, grain export, tourism and sports). For example, in most developed countries of the world are licensed only 5-10 species activities such as healthcare, pharmaceutical and chemical industry, production of dangerous goods, raising funds from the population;

- consideration of legislative and other measures to establish proper reporting, disclosure, internal and external audit, financial control and security in general transparency of the activities of national managing holdings, national companies, national development institutions, national holdings and other similar legal entities.

A lot of work currently done to implement data recommendations.

Political alternative #4 - improve the conditions for informing about innovations in legislation and interaction with state bodies. Simple and transparent methods interaction and feedback with regulatory authorities has a significant role in creating a favorable climate. In this regard, the country has set the task of simplifying state procedures, including administration business: reducing inspections, automating inspections, payments, and service delivery, and reducing deadlines through the development and implementation of new technologies, information systems that exclude manual work of employees. In addition, measures implemented to provide advice, simplify the rules for obtaining services, and an MFC created where investors can apply for the services of state bodies.

However, international experience shows that there is a potential increase customer centricity tax and customs authorities in connection with the creation of new technologies. For example, the portal of electronic the government's integrated with the systems of other bodies, all notices of public authorities can come in to your personal account, which is tied to the mobile phone number, which may come alert. This measure is also considered by the State Revenue Committee, but requires changes in legislation and financial resources.

In the UK, for example, the tax authorities have created a robot that interacts with taxpayers online. In Politics the Eurasian Economic Union is aimed at total control of trade transactions - the greater the openness of business, the less control measures and interaction with tax and customs authorities. This, coupled with the acceleration of modernization, is one of the reasons for the changes in the legislation.

In addition, to automate some government services, for example, changing information about the management of a foreign legal entity companies in online mode, there is no nationwide online system of notarized documents available to public authorities, which protected and would exclude the possibility of filing forged documents. Thus, this problem is intersectoral and requires the development of a separate strategy and regulation. Currently, these issues raised in the state program of Digital Economy. Kazakhstan and plans for its implementation, but the regulatory framework does not contain the concept of improving interaction with the population.

Recommendations.

In order to improve the investment climate, it is proposed to create attractive conditions for investors, both economic (special regimes), and information and coordination (creation of project bases and institutional support) and demand from the state (for infrastructure and technology development through intergovernmental cooperation). In general, these alternatives do not exclude one another, since they are multidirectional, but at the same time, their implementation should show a synergistic effect in the growth of investment in the country.

Political alternatives proposed to solve this problem:

- It is necessary to review critically, taking into account the world experience, the domestic experience in developing infrastructure and attracting investment in this industry. To improve infrastructure facilities, it is proposed to expand the activities for the implementation of PPP projects, as well as to consider foreign experience in the development of PPP, etc.;

- Creating a project database and forming a package of promising investment (niche) projects to offer to investors;

- To make changes and additions to the relevant NPA to eliminate the administrative and corruption burden on investors, 10 to ensure more effective support for investors ' entry into the national market;

Develop clear guidelines for tax and customs authorities to notify about innovations, improve information work and continue to work on simplification of procedures.

It is proposed to introduce an Investor Consultation Center on tax Issues of the type of ECC 1414 and "One Window" (JSC "KazakhInvest"), as well as to strengthen the role of the EXPAT Center of the MFC in supporting investors to promote the goals of the investment strategy.

References

1. Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated December 31, 2019 No.1050 "On Approval of the State Program of Industrial and Innovative Development of the Republic of Kazakhstan for 2020-2025".

2. Decree of the President of the Republic of Kazakhstan dated January 17, 2014 No. 732 "On the Concept of Kazakhstan's entry into the top 30 most developed countries of the world".

3. Address of the President of the Republic of Kazakhstan N.A. Nazarbayev to the people of Kazakhstan dated December 14, 2012 "Strategy" Kazakhstan-2050": a new political course of the established state".

4. Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated August 22 2017 No. 498 "On Approval of the Investment Attraction Program" National Investment Strategy.

5. Address of the President of the Republic of Kazakhstan N.A. Nazarbayev to the people of Kazakhstan dated January 31, 2017 "The third modernization of Kazakhstan: global competitiveness".

6. Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan dated February 24 2016 No. 103 "On Approval of a Detailed Plan to improve the Investment Climate in Accordance with the Standards of the Organization for Economic Cooperation and Development for 2016-2017".

7. [https://www.zakon.kz/4946518-v-2019-godu-dorogi-almaty-kapshagay i.html](https://www.zakon.kz/4946518-v-2019-godu-dorogi-almaty-kapshagay-i.html)

8. <https://invest.gov.kz>

Литература

1. Указ Президента Республики Казахстан от 31 декабря 2019 года №1050 «Об утверждении Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2020-2025 годы».

2. Указ Президента Республики Казахстан от 17 января 2014 года №732 «О концепции вхождения Казахстана в 30 самых развитых государств мира».

3. Послание Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева народу Казахстана от 14 декабря 2012 года «Стратегия «Казахстан-2050»: новый политический курс состоявшегося государства».

4. Постановление Правительства Республики Казахстан от 22 августа 2017 года №498 «Об утверждении Программы по привлечению инвестиций «Национальная инвестиционная стратегия».

5. Послание Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаева народу Казахстана от 31 января 2017 года «Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность».

6. Постановление Правительства Республики Казахстан от 24 февраля 2016 года №103 «Об утверждении Детального плана по улучшению инвестиционного климата в соответствии со стандартами Организации экономического сотрудничества и развития на 2016-2017 годы».

7. [https://www.zakon.kz/4946518-v-2019-godu-dorogi-almaty-kapshagay i.html](https://www.zakon.kz/4946518-v-2019-godu-dorogi-almaty-kapshagay-i.html)

8. <https://invest.gov.kz>

ОМАРОВ А.Д. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ОМАРОВА К.Т. – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

САРЖАНОВ Т.С. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

МУСАЕВА Г.С. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ИНВЕСТИЦИЯЛЫҚ АХУАЛЫНЫҢ ӘЛЕУЕТІН НЫҒАЙТУ

Аңдатпа

Бұл мақалада инвесторларды тарту үшін Қазақстандағы инвестициялық ахуалды жақсарту жөніндегі шараларды іске асырудың тиімсіздігі проблемасын шешу үшін саяси баламалар ұсынылады.

Жоғарыда аталған баламаларды бағалау үшін бес критерий таңдалды - тиімділік, іске асыру құны, саяси жарамдылық, қоғамдық қолдау және іске асыру уақыты.

***Түйінді сөздер:** инвестициялық әлеует, инвестициялық климат, инвестор, тиімділік, инвестициялық саясат.*

ОМАРОВ А.Д. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ОМАРОВА К.Т. – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

САРЖАНОВ Т.С. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

МУСАЕВА Г.С. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

УКРЕПЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ИНВЕСТИЦИОННОГО КЛИМАТА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Аннотация

В данной статье предлагаются политические альтернативы для решения проблемы неэффективности реализации мер по улучшению инвестиционного климата в Казахстане для привлечения инвесторов.

Для оценки вышеперечисленных альтернатив были выбраны пять критериев - эффективность, стоимость внедрения, политическая приемлемость, общественная поддержка и время внедрения.

Ключевые слова: инвестиционный потенциал, инвестиционный климат, инвестор, эффективность, инвестиционная политика.

УДК 621373

КЕМЕЛЬБЕКОВ Б.Ж. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ЛУГАНСКАЯ С.П. – сениор-лектор (г. Алматы, Международный университет информационных технологий)

МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДОВ И ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ КАБЕЛЕЙ

Аннотация

В статье приведены результаты исследований механической прочности волоконных световодов волоконно-оптических кабелей. Рассмотрены факторы, влияющие на прочность световодов, что является снижением прочности оптоволокна. Описаны воздействующие нагрузки на трещины и причины роста трещин в оптоволокне.

Так же рассмотрены различные механические воздействия при изготовлении, прокладке и эксплуатации оптических кабелей и меры предосторожности предотвращения этих воздействий.

Ключевые слова: оптические волокна, микротрещины, световод, долговечность, механические нагрузки, деформация, защитная оболочка.

Введение.

Современный этап развития техники связи характеризуется проведением интенсивных работ в области волоконно-оптических систем связи (ВОСС). Такой большой интерес к ВОСС обусловлен возможностью передачи широкополосных сигналов по оптическим волокнам (ОВ) на большие расстояния. При этом реализуется целый ряд преимуществ ВОСС, обусловленных применением в качестве направляющих систем оптических кабелей (ОК) связи: высокая скорость передачи цифровых сигналов, большая длина регенерационного участка, высокая помехозащищенность от внешних воздействий. В настоящее время проводятся активные работы по внедрению ВОСС на сетях связи различного назначения. При этом темпы роста новых технологий таковы, что промышленность существенно отстает по темпам их развития. Подобная тенденция сохраняется как в области создания систем дальней связи, так и в области локальных сетей.

Основная часть.

В настоящее время существуют две тенденции развития волоконно-оптических систем связи (ВОСС). Первая из них связана с созданием ВОСС со сверхвысокими скоростями передачи информации, вторая с расширением области применения ВОСС в различных отраслях промышленности (энергетика, авиация, железнодорожный и автомобильный транспорт). Основным элементом любой волоконно-оптической системы связи является ее направляющая система, в качестве которой используется волоконно-оптический кабель связи. Поэтому при рассмотрении вопроса надежности и долговечности функционирования таких ВОСС решающее значение имеет

эксплуатационная надежность ОК. Эксплуатационная надежность ОВ имеет две составляющие: механическую, обусловленную сохранением целостности волокна, и передаточную, связанную со стабильностью передаточных параметров волокна. Механическая надежность ОВ является статистической характеристикой, определяющей вероятность обрыва ОВ под воздействием механического напряжения. Основными механическими характеристиками ОК являются прочность и коэффициент вариации прочности, которые изменяются в широких пределах в зависимости от условий изготовления, обработки изделий из стекла и методов их испытаний. Для правильной оценки внешних механических нагрузок, действующих на оптический кабель, следует рассмотреть сначала механизм разрушения оптических волокон под воздействием механических напряжений. Прочность оптического волокна определяется в основном наличием поверхностных трещин, которые произвольно располагаются вдоль всей его длины. Величина прочности зависит от длины образца оптического волокна, скорости приложения нагрузки и условий окружающей среды. Если к волокну не прикладывать нагрузок, то его механические и оптические свойства остаются неизменными, даже если на волокно воздействуют влага, вода, кислоты большой концентрации или другие химические вещества. Если к волокну прикладывать напряжение, то трещины на его поверхности могут увеличиваться. Таким образом, волокна, которые подвергаются растягивающему напряжению, кручению или перегибам, подвергаются воздействию статической усталости, что со временем приводит к ухудшению их прочностных характеристик. Обычно при изготовлении оптические волокна подвергаются тестированию на механическую прочность, т.е. испытаниям на перемотку под натяжением по всей их длине. В результате использование волокон с низкой механической прочностью для изготовления оптических кабелей исключается. Для выбора конструкции оптического кабеля необходимо помнить, что в процессе прокладки и эксплуатации кабель подвергается комплексному воздействию различных механических нагрузок. Кварцевое ОВ, изготовленное в соответствии с технологическим циклом, длительное время сохраняет высокопрочное состояние стекла. Наличие дефектов стекла, даже при его хорошем покрытии так же, как и не нанесение качественной защиты ОВ сразу после его формирования, приводят к переходу кварцевых ОВ в низко-прочное состояние. Механические свойства стеклянных волокон существенно отличаются от свойств цельного стекла, например, прочность ОВ существенно выше. Причины повышенной прочности световолокна недостаточно ясны. Предполагается, что упрочнение световодов связано с изменением структуры, возникающей при вытягивании волокна в процессе его изготовления. Процесс вытягивания создает молекулярную ориентацию и цепочечные образования вдоль волокна. Однако такое объяснение не получило достаточно убедительных экспериментальных подтверждений.

Известно, что решающим фактором снижения прочности хрупких тел являются дефекты, на которых даже при малых деформациях развиваются микротрещины, приводящие к повышению локальных напряжений. В тонких стеклянных нитях при их вытягивании число опасных поверхностных дефектов уменьшается. Прочность ОВ зависят от химического состава и технологических условий его получения. Повышенная прочность наблюдается в ОВ, вытянутых из жидкого стекла при высокой температуре и охлажденных с достаточно большой скоростью. С увеличением диаметра ОВ его прочность уменьшается. В таблице 1 приведены величины напряжения на разрыв ОВ различных диаметров из алюмоборосиликатного стекла.

Таблица 1 – Величины напряжения на разрыв ОВ различных диаметров из алюмоборосиликатного стекла

Диаметр ОВ, мкм	10	20	30	50	100	120
$\sigma \times 10^9, \text{Н/м}^2$	1,47	1,18	0,98	0,785	0,735	0,49

Наибольшей прочностью обладают оптические волокна из боратного и фосфатного стекла, а также из силиката натрия. Кристаллические и мелкие газовые пузырьки в исходной стекломассе уменьшают прочность ОВ на 30÷40%. Хотя прочность кварцевого ОВ выше, чем обычного стеклянного ОВ, однако его реальная прочность зависит от технологии получения. При изготовлении кварцевого ОВ вытягиванием из штабиков его прочность оказывается на 50÷70% ниже, чем прочность волокна из алюмосиликатного стекла. Весьма существенным для производства и эксплуатации ОК является влияние окружающей среды на прочность ОВ. В сухом воздухе прочность максимальна. Например, при кратковременной нагрузке у погруженного в воду ОВ из алюмоборосиликатного стекла диаметром 20 мкм снижается прочность на 23%, а прочность ОВ из натрий-кальций-силикатного стекла диаметром 28 мкм снижается на 28%. При длительной нагрузке проявляются усталостные явления. Для ОВ из алюмоборосиликатного стекла диаметром 6 мкм предел прочности уменьшается с $1,19 \times 10^9 \text{ Н/м}^2$ до $1,09 \times 10^9 \text{ Н/м}^2$ при выдерживании под нагрузкой в течение 1 часа. После снятия нагрузки и высушивания деформация постепенно исчезает и прочность ОВ восстанавливается. При этом прочность ОВ, содержащая более 15% щелочи, после пребывания в воде или во влажном воздухе необратимо снижается в связи с выщелачиванием и разрушением.

Кинетический подход к изучению физической природы прочности ОВ, т.е. устойчивости его к разрушению, привёл к коренному изменению всей системы взглядов на явление механического разрушения ОВ. Внешняя сила не осуществляет разрыва межатомных связей, а создает благоприятные условия для их необратимого разрыва в результате тепловых флуктуаций. Старение и разрушение ОВ – по своей природе термофлуктуационные процессы. Причём, общая закономерность зависимости долговечности ОВ от напряжения и температуры может быть пояснена тем обстоятельством, что приложенные к ОВ внешние воздействия вызывают напряжение межатомных связей. Вследствие гетерогенности строения ОВ, на над атомном уровне внешняя нагрузка распределяется неравномерно по химическим связям, т.е. возникают локальные перенапряжения, где энергия активации распада межатомных связей понижается особенно сильно. Именно в этих местах наиболее интенсивны процессы термофлуктуационного разрушения напряжённых связей. Здесь формируются очаги разрушения, развитие которых приводит к старению ОВ и их разрушению. Флуктуации и в отсутствие внешней нагрузки вызывают в различных местах ОВ разрывы межатомных связей. Однако, разрывы эти вскоре же ликвидируются благодаря реставрации разорванных связей, поскольку флуктуация, необходимая для восстановления связи, не больше флуктуации, вызывающей её разрыв. Приложение к ОВ внешней нагрузки уменьшает энергию распада связи. Это значит, что разрыв связи будет вызываться флуктуациями меньшей величины, т.е. разрывы межатомных связей будут чаще, чем до приложения нагрузки. И, главное, облегчив термофлуктуационный распад связей, внешняя нагрузка затруднит их рекомбинацию. Действительно, после разрыва связи атомы оказываются отодвинутыми друг от друга на большее, чем обычно, расстояние. Для восстановления связи, т.е. сближения атомов, потребуется очень большая флуктуация, которые возникают очень редко. Следовательно, скорость распадов связей значительно превысит скорость их восстановления. Начинается накопление разрывов связей в нагруженном световоде. Каждый из этих разрывов вызывается, однако, не самой внешней силой, а тепловой флуктуацией. Атомы с напряжённой связью как бы «ждут» прихода

тепловой флуктуации, которая и становится своеобразными «ножницами», перерезывающими межатомные связи. Таким образом, непосредственно разрушающим фактором в этом случае являются тепловые флуктуации. Энергия разрушения ОВ часто и в большей мере пополняется из запаса его тепловой энергии, а не в результате воздействия на ОВ внешней силы, которая играет роль вентиля, облегчая и направляя разрушающее действие тепловых флуктуаций энергии межатомных связей.

При изготовлении, прокладке и эксплуатации ОК, находящиеся в них оптические волокна, подвергаются различным механическим воздействиям – растяжению, сжатию, кручению. При эксплуатации ОК волокна могут испытывать вибрации, которые приводят к дополнительной модуляции излучения.

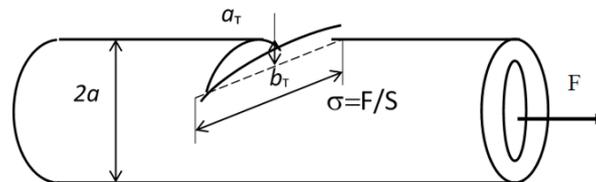


Рисунок 1 – Схема микротрещины ОВ

Под действием механических нагрузок происходит непрерывный рост микродефектов, заканчивающихся разрушением волокон. Действительно, если волокно имеет поверхностную трещину (рисунок 1) глубиной a_T и длиной b_T , то при диаметре волокна $2a$ механическое напряжение в нем равно:

$$f^i = \frac{F}{\pi a^2}, \quad (1)$$

где F ; a – глубина поверхностной трещины волокна

Под воздействием растягивающих нагрузок трещины растут, что и приводит к обрыву волокна. Механизм разрушения световодов описывается моделью, построенной на основе теории Гриффитса. В начале развития трещины скорость роста трещины описывается выражением:

$$v_p = \frac{d a_T}{dt} = \frac{d b_T}{dt} = A J^\sigma(f), \quad (2)$$

где A , σ – постоянные, зависящие от материала световода, внешних условий и вида трещины;

$J(f)$ – коэффициент интенсивности напряжения, равный:

$$J(f) = 0,806 f^i b_T^{0,5} \quad (3)$$

На начальной стадии происходит медленное развитие трещины, сопровождаемое ростом $J(f)$. При достижении критического значения $J(f)$ (для кварца этот коэффициент составляет величину $0,789 \text{ МН/м}^{3/2}$) начинается быстрый рост трещины и обрыв волокна. Развитие трещины происходит со скоростью $10^{-16} \div 10^{-4} \text{ м/с}$, а разрушение – со звуковой скоростью.

На рисунке 2 приведены графики зависимости величины $J(f)$ и критической глубины трещины от величины приложенного механического напряжения.

Из повседневного опыта работы со стеклом может сложиться представление о его прочности. Для правильного представления о возможностях стекла рассмотрим основные физические параметры различных материалов, которые приведены в таблице 2. Из приведенной таблицы видно, что стекло успешно может конкурировать с металлами, главным образом по величине отношения прочность/вес.

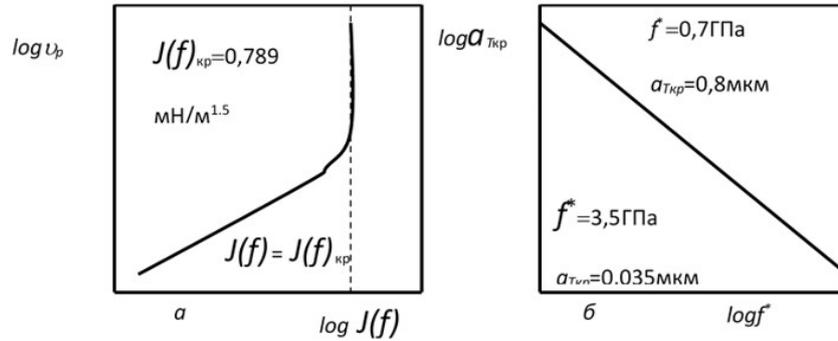


Рисунок 2 – Графики зависимости: а – скорости роста трещины от коэффициента интенсивности напряжения $J(f)$; б – критической глубины трещины от значения приложенного напряжения.

При этом следует учесть, что стекло при комнатной температуре не течет, а упруго удлиняется до некоторого предела, а затем происходит разрыв. Однако, практически измеренные значения прочности стекол, значительно меньше теоретически предсказываемых исходя из числа связей и их средней прочности, приходящихся на 1 см² материала. Такое поведение стекол объясняет гипотеза микротрещин Гриффитса. На рисунке 3 приведена схема трещины на поверхности стекла и ее основные параметры, влияющие на прочность волоконного световода.

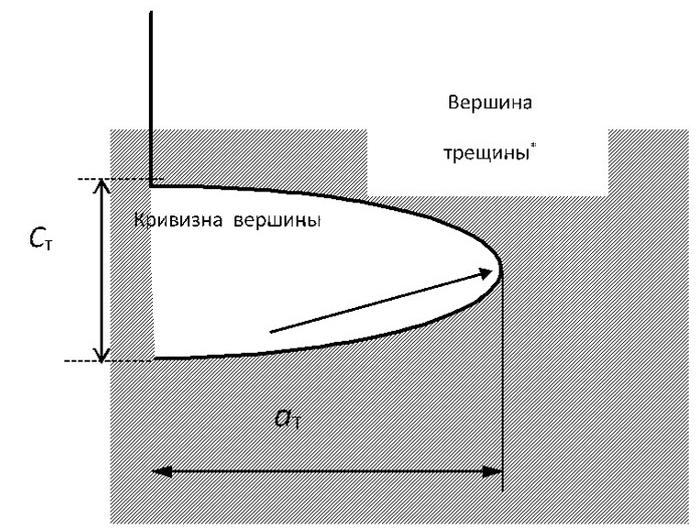


Рисунок 3 – Сечение микротрещины

В предложенной модели предполагается, что на поверхности стекла существуют микротрещины. При приложении силы к стеклу происходит концентрация напряжения вокруг вершины микротрещины и материал разрывается значительно раньше, чем приложенная сила сравняется с суммой всех сил связей в материале. Справедливость теории подтверждается успешным применением основанных на ней методов повышения

прочности стекла. Например, значительное увеличение прочности при химическом травлении стеклянных изделий: на несколько порядков большая прочность свежеизготовленных стеклянных волокон, по сравнению с волокнами, оставленными на несколько дней без защиты. Из рисунка 3 видно, что чем меньше прикладываемые к ОВ механические напряжения, тем больше критические размеры трещин.

Таблица 2 – Основные физические параметры различных материалов

Материал	Модуль Юнга, Е, ГПа	Предел текучести ГПа	Предел упругих деформаций, %	Прочность на разрыв, ГПа	Удлинение при разрыве, %
Стальная проволока	200	0,4÷0,15	0,2÷1,0	0,5÷3,0	2÷25
Нейлоновая нить	6÷13	Более 0,8	Более 6	1,0÷1,5	15÷20
Кевлар 49, волокно	130	3,0	2	--	2
Стекло S-типа, волокно	90	3,0	3	3,0	3
Углеродное волокно	100-200	15÷20	1,0÷1,5	1,5÷2,0	1,0÷1,5

Вероятность разрушения световода заданной длины описывается распределением Вейбулла:

$$G(S, f^*, t) = 1 - \left[- \left(\frac{f^* - f_m}{f_n - f_m} \right)^p \left(\frac{t}{t_{T0}} \right)^b \left(\frac{S}{S_0} \right) \right] \quad (4)$$

где f^* – приложенное к стеклу напряжение;

f_m – значение напряжения, ниже которого не происходит разрушение;

f_n – значение напряжения, выше которого всегда происходит разрушение;

t_{T0} – временная постоянная роста трещины;

S_0 – эквивалентный масштабный коэффициент площади поверхности;

S – площадь поверхности образца;

t – время действия напряжения;

p, b – эмпирические постоянные;

$G(S, f^*, t)$ – вероятность разрушения световода такой длины, при которой площадь поверхности равна S , если к световоду приложено напряжение f^* в течение времени t .

Экспериментальные наблюдения показывают, что короткие световоды разрушаются при сравнительно больших средних значениях нагрузок, чем длинные. Это объясняется существованием статистического распределения размеров дефектов, так как прочность на разрыв обратно пропорциональна размеру дефектов.

Как видно из соотношения (4), вероятность разрушения зависит не только от приложенного напряжения, но и от времени. Это усложняет определение требований к световоду для кабеля, рассчитанного на длительное пребывание в рабочем состоянии. Физической основой разрушения ОВ является рост трещины в стекле под действием деформации и влаги. Экспериментальные исследования медленного роста трещины показывают, что зависимость размера трещины x от времени t имеет вид:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \left(2 A f^c \sqrt{\frac{x}{\rho}} \right)^b, \quad (5)$$

где f^* – значение приложенного напряжения, типичные значения b для стекла составляют $20 \div 25$;

ρ – радиус кривизны вершины трещины;

(A, b) – эмпирические постоянные.

Интегрируя это выражение, находим время роста трещины от первоначального размера a_{T1} до значения $a_{Ткр}$, при котором исследуемый образец разрушается:

$$t = \left(\frac{2}{b-2} \right) \left(\frac{\sqrt{\rho}}{2 A f^c} \right)^b a_{Ткр}^{1-0.5b}, \quad (6)$$

Рост трещины в стекле происходит из-за химической эрозии материала в окрестности ее вершины. Процессы роста трещины ускоряются, если световод находится под нагрузкой. При этом, используя уравнение (4), можно рассчитать допустимый размер дефектов, которые могут возникнуть во время изготовления ОК. Для этого необходимо знать следующие параметры [4]:

1. Диапазон температур эксплуатации;
2. Химический состав рабочей среды (а также влажность);
3. Остаточное напряжение в волокне после проведения монтажных работ;
4. Срок эксплуатации;
5. Допустимую вероятность разрушения световода в расчете на 1 км длины.

Для обеспечения надежности световодов необходимо провести тщательный статистический анализ и проверить обоснованность результатов измерений. Далее необходимо сформулировать, для выбранной конструкции кабеля, условия его эксплуатации. Также необходимо проследить, чтобы защищенный световод, показавший при испытаниях некоторые статистические характеристики, не разрушался механически при производстве оптического кабеля – защитное покрытие должно обеспечивать механическую непроницаемость во время производственного процесса. Располагая этими данными и задавая условия эксплуатации кабеля, можно используя временную зависимость, найти первоначальный наименьший размер дефекта, который за срок службы кабеля сможет вырасти до размеров, достаточных для его разрушения. После того, как размер дефекта установлен, вычисляется величина деформации или напряжения, при котором световод с дефектом будет разрушен, если он будет нагружен сразу после вытягивания, но перед изготовлением кабеля. Далее процедура состоит в том, чтобы после вытягивания и покрытия (перед изготовлением ВОК) подвергнуть ОВ напряжению рассчитанного значения. Если он не разрушается, то в нем нет дефектов с размерами, более рассчитанных, и долговечность изготовленного из него ОК может быть гарантирована для заданных условий эксплуатации. Подобная процедура применяется при производстве прецизионных стеклянных световодов для обеспечения эксплуатационной прочности.

Для предотвращения влияния механических нагрузок как динамических, так и статических используют различные покрытия для оптических волокон. Следует отметить, что ОВ с оболочкой обладают некоторой пониженной прочностью, по сравнению с ОВ без оболочки. Это объясняется несогласованностью физических параметров стекол сердечника и оболочки и нарушение однородности в процессе их изготовления. Для повышения разрывной прочности ОВ и уменьшения коэффициента трения их

поверхности с материалом защитной оболочки, каждое волокно, из которых собирается жгут, покрывается полимерной пленкой на основе фторопласта толщиной порядка 1 мкм. Это покрытие уменьшает вероятность повреждения ОВ в процессе изготовления жгутов и наложения на них защитной оболочки. Таким образом, процесс коррозии ОВ с точки зрения эксплуатационной надежности ОК представляет собой необратимый процесс уменьшения механической прочности волокна и увеличения затухания оптических сигналов, передаваемых по волокну. Разрушение ОВ – это процесс роста микротрещин на его поверхности под воздействием внутренних и внешних факторов.

Выводы.

Обеспечение прочности волоконных световодов и волоконно-оптических кабелей – это самая главная задача производителей. При изготовлении световодов замечено, что решающим фактором снижения прочности стекла являются дефекты, что, несомненно, приводят к повышению локальных напряжений.

Важнейшей производственной задачей является создание технологического процесса, минимизирующего число крупных дефектов, и гарантирующего, что испытательное значение деформации или напряжения, достаточно велико для обеспечения эксплуатационной долговечности, и достаточно мало для разрушения (для обеспечения приемлемого выхода готовой продукции).

Литература

1. Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А. Оптические кабели связи. – Томск, 2001.
2. Семенов С.Л. Надежность, прочность, старение и деградация волоконных световодов. / Сборник трудов «Волоконно-оптические технологии, материалы и устройства», 2000.
3. Семенов С.Л. Прочность волоконных световодов на основе кварцевого стекла при различных скоростях нагружения и возможность ее диагностики. Деформация и разрушение материалов, 2007.
4. Кемельбеков Б.Ж. Техническая эксплуатация ВОЛС. Ученое пособие. – Алматы 2017.
5. Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А. Волоконно-оптические линии связи. Справочное пособие. – Томск, 2001.
6. Петров Ю.М. Надежность функционирования ВОЛС-ВЛ при низких температурах окружающей среды // Электросвязь. – 2015. – № 3.
7. Васильев В.Е., Бондаренко О.В., Ларин Ю.Т., Николаев В.Г. Результаты испытаний оптических кабелей на долговечность. // Электросвязь. – 1985. – №10. – С. 29-31.
8. Чупраков В.Ф., Шитов В.В. Температурно-временные воздействия на оптические волокна и кабели. // Электросвязь. – 1988. – №11
9. Коханенко А.П. Волоконно-оптические линии связи. Физические основы эксплуатации оптического волокна: учебно-методическое пособие / А. П. Коханенко. – Томск: Изд-во ТГУ, 2013. – 64 с.
10. Дьяченко А. А. Влияние температуры на оптические характеристики световодов на основе кварцевого стеклополимера / А. А. Дьяченко, Ю. С. Милявский // Квантовая электроника. – 1980. – №. 5. – С. 1118-1120.

References

1. Kemelbekov B.Zh., Myshkin V.F., Khan V.A. Optical communication cables. – Tomsk, 2001.
2. Semenov S.L. Reliability, durability, aging and degradation of fiber light guides. / Collection of works "Fiber-optic technologies, materials and devices", 2000.

3. Semenov S.L. Strength of fiber optical fibers based on quartz glass at different loading speeds and the possibility of its diagnostics. Deformation and destruction of materials, 2007.
4. Kemelbekov B.J. Technical operation of VOLS. Study guide. – Almaty 2017.
5. Kemelbekov B.Zh., Myshkin V.F., Khan V.A. Fiber-optic communication lines. Reference manual. – Tomsk, 2001.
6. Petrov Yu. M. Reliability of the functioning of the VOLS-VL at low ambient temperatures // *Elektrosvyaz*. – 2015. – No. 3.
7. Vasiliev V.E., Bondarenko O.V., Larin Yu.T., Nikolaev V.G. Results of tests of optical cables for durability. // *Telecommunications*. – 1985. – No. 10. – pp. 29-31.
8. Chuprakov V.F., Shitov V.V. Temperature and time effects on optical fibers and cables. // *Telecommunications*. – 1988. – No. 11
9. Kohanenko A.P. Fiber-optic communication lines. Physical bases of optical fiber operation: educational and methodical manual / A.P. Kohanenko. – Tomsk: TSU Publishing house, 2013. – 64 p.
10. Dyachenko A.A. Influence of temperature on optical characteristics of light guides based on quartz glass-polymer / A.A. Dyachenko, Yu.S. Milyavsky // *Quantum electronics*. – 1980. – №.5. – pp. 1118-1120.

КЕМЕЛБЕКОВ Б.Ж. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ЛУГАНСКАЯ С.П. – сениор-лектор (Алматы қ., Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті)

ТАЛШЫҚТЫ ЖАРЫҚ ӨТКІЗГІШТЕР МЕН ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ КАБЕЛЬДЕРДІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ БЕРІКТІГІ

Аңдатпа

Мақалада талшықты-оптикалық кабельдердің сәуле бағыттағыштың механикалық беріктігін зерттеу нәтижелері қарастырылған. Оптикалық талшықтардың беріктігіне әсер ететін факторлар қарастырылады, бұл оптикалық талшықтың беріктігінің төмендеуі. Жарыққа әсер ететін жүктемелер мен талшықты жарықшақтардың өсу себептері сипатталған.

Оптикалық кабельдерді өндіру, орнату және пайдалану кезіндегі әр түрлі механикалық әсерлер және осы әсерлердің алдын алу шаралары қарастырылады.

Түйінді сөздер: *оптикалық талшықтар, шағын жарықшақтар, жарық бағыттағыш, беріктік, механикалық кернеу, деформация, қорғаныш қабық.*

KEMELBEKOV B.Zh. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

LUGANSKAYA S.P. – senior lecturer (Almaty, International university of information technologies)

MECHANICAL STRENGTH OF FIBER LIGHT GUIDES AND FIBER OPTIC CABLES

Abstract

The article presents the results of studies of the mechanical strength of fiber optic fiber optic cables. The factors affecting the strength of the optical fibers, which is a decrease in the strength of the fiber, are considered. The influencing loads on cracks and the causes of crack growth in optical fiber are described.

Various mechanical impacts during the manufacture, laying and operation of optical cables and precautions to prevent these impacts are also considered.

Keywords: *optical fibers, microcracks, light guide, durability, mechanical loads, deformation, protective shell.*

УДК 656.2

МУСАЕВ Ж.С. – д.т.н., доцент (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)
БЕКМАМБЕТ К.М. – к.т.н., доцент (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ХАНГЕРЕЕВ Р.Т. – преподаватель (г. Алматы, Алматинский технико-экономический колледж путей сообщения)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ТЕЛЕЖЕК ГРУЗОВОГО ВАГОНА

Аннотация

Литым деталям тележек грузовых вагонов свойственна приобретенная эксплуатационная дефектность (усталостные трещины), а также исходная технологическая дефектность, которая характерна для крупногабаритных отливок сложной конфигурации. Данная дефектность может привести к аварийным разрушениям литых деталей тележек в процессе их эксплуатации. Изломы боковых рам тележек грузовых вагонов нередко сопровождаются сходом вагона с рельсов, создают угрозу безопасности движения поездов, представляют опасность для жизни и здоровья граждан, приносят значительные убытки. В статье для оценки напряженно-деформированного состояния боковой рамы предложена конечно-элементная модель. Рассмотрены схемы нагружения и методики испытания боковых рам.

Ключевые слова: *тележка грузового вагона, боковая рама, литейный дефект, напряженно-деформированное состояние, моделирование, испытание, анализ.*

Введение.

Транспорт – важнейшая сфера общественного производства. Он служит материальной основой разделения труда в обществе и осуществляет многообразную связь между производством и потреблением, промышленностью и сельским хозяйством, добывающей и обрабатывающей промышленностью, экономическими районами. В структуре транспорта важное место занимает железнодорожный транспорт. Его использование в жизни общества повсеместно, поэтому общее представление об экономике вообще и о транспорте в частности было бы неполным без упоминания железнодорожного транспорта.

Железнодорожный транспорт является важнейшей отраслью народного хозяйства, который создает необходимые условия для всестороннего развития экономики нашей страны, основной вид транспорта, на долю которого приходится перевозка до 50% всех народнохозяйственных грузов и до 40% пассажиров.

Учитывая объем и широкую номенклатуру перевозимых железнодорожным транспортом грузов, аварии на железной дороге могут привести к большому материальному ущербу, экологическому бедствию и главное – человеческим жертвам, поэтому основными требованиями, предъявляемыми к подвижному составу железнодорожного транспорта, являются высокая надежность и долговечность

конструкции основных узлов вагонов, обеспечение безопасности движения поездов. Наиболее важными узлами всех современных вагонов, обеспечивающими выполнение этих требований, являются тележки, конструкция и состояние которых непосредственно влияет на безопасное движение вагона по рельсовому пути с наименьшим сопротивлением движению и определяет пригодность вагона к эксплуатации в целом [1-3].

Основная часть.

В настоящее время, подавляющее большинство грузовых вагонов парка эксплуатируются на тележках модели 18-100. Многолетний опыт эксплуатации этой тележки и многочисленные испытания, проведенные проектными и исследовательскими организациями, помимо преимуществ данной тележки, выявили ряд существенных недостатков как в конструкции, так и в качестве изготовления деталей. В течение последних десятилетий тележка модели 18-100 подвергалась многочисленным модернизациям, однако опыт эксплуатации показывает, что её конструкция не в полной мере соответствует современным требованиям, предъявляемым к ходовым частям. Основными недостатками тележки модели 18-100 и ее модификаций являются недостаточный уровень контроля геометрических параметров узлов кинематического взаимодействия, высокие темпы износа и высокая повреждаемость литых деталей рамы тележки.

В ходе эксплуатации у тележек выявлена недостаточная надежность боковой рамы. Это связано с тем, что конструкция боковой рамы не соответствует современным требованиям надежности и прочности. Кроме, того конструкция боковой рамы такова, что даже самые незначительные литейные дефекты резко снижают ее усталостную прочность.

Для оценки напряженно-деформированного состояния боковой рамы может быть использована конечно-элементная модель (рисунки 1, 2). Расчет производился методом конечных элементов с использованием конечно-элементного пакета ANSYS 12.0. Применены объемные 10 узловые элементы с характерным размером ребра 30 мм. В процессе моделирования сначала была создана объемная модель (рисунок 1), которая была автоматически разбита на объемные конечные элементы (рисунок 2).

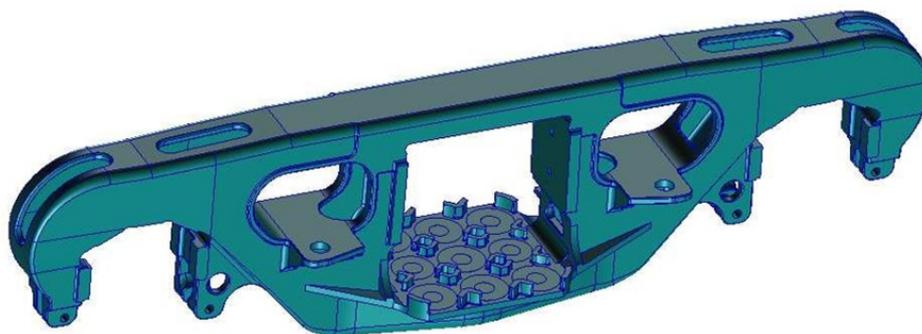


Рисунок 1 – Геометрическая модель боковой рамы

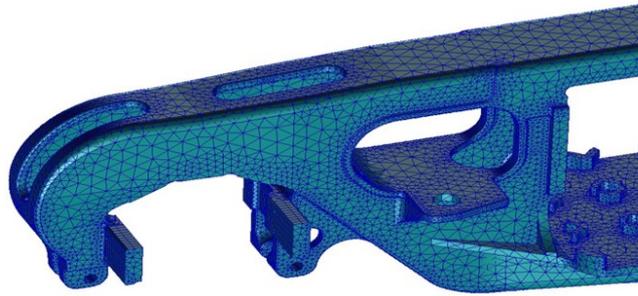


Рисунок 2 – Фрагмент конечно-элементной модели боковой рамы

Для материала модели приняты следующие значения упругих постоянных материала: модуль Юнга $E=210$ ГПа, коэффициент Пуассона $\nu=0,27$.

Вертикальные усилия передаются на боковую раму через нижний пояс и действуют в местах опирания пружин. Продольные усилия передаются через одну из поверхностей фрикционных планок, поперечные силы – через упоры возле фрикционных планок с одной стороны боковой рамы.

Собственный вес боковой рамы учитывается приложением соответствующих ускорений:

- I расчетный режим $a = g = 9,81$ м/с²;
- III расчетный режим $a = (1 + k_{дв}) \cdot g$.

Согласно [4] расчетные нагрузки, действующие на тележку, прикладываются не одновременно, а комбинируются в соответствии с I и III расчетным режимом. Расчет проводим только для варианта сжимающих нагрузок, так как при этом возникают максимальные усилия, величины расчетных нагрузок и их комбинации приведены в нормативно-технической и регламентирующей документации [5].

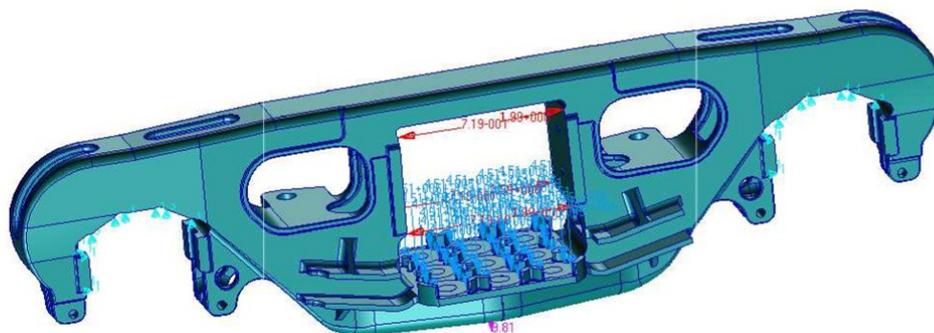


Рисунок 3 – Нагрузки, действующие на боковую раму при варианте нагружения а)

Варианты нагружения соответствуют:

а) силам, действующим на вагон во время его соударения с составом при роспуске с горки (рисунок 3);

б) силам, действующим на вагон в середине состава при заторможенных впереди стоящих вагонах и не заторможенных, набегающих сзади;

в) силам, действующим на последний вагон, движущийся с конструкционной скоростью в составе при регулировочном торможении в начале кривого участка (рисунок 4);

г) силам, действующим на вагон, движущийся с конструкционной скоростью в середине состава при регулировочном торможении на прямом участке пути;

д) силам, действующим на вагон, движущийся с конструкционной скоростью в середине состава при регулировочном торможении в кривой, при заторможенных впереди стоящих вагонах и не заторможенных, набегающих сзади;

е) силам, действующим на вагон, движущийся с конструкционной скоростью, в середине состава при регулировочном торможении в кривой.

I расчетному режиму соответствуют варианты нагружения а) и б),

III расчетному режиму соответствуют варианты нагружения – в) и е).

Опираение боковой рамы и передача нагрузок на колесные пары происходит в буксовых проемах. От вертикальных и поперечных перемещений закрепляется нижняя поверхность участка верхнего пояса в буксовых проемах – здесь расположен передающий нагрузку на ось адаптер. От продольных – вертикальные поверхности буксовых проемов, внутренняя в буксовом проеме, на который направлена продольная сила, а наружная – в другом буксовом проеме.

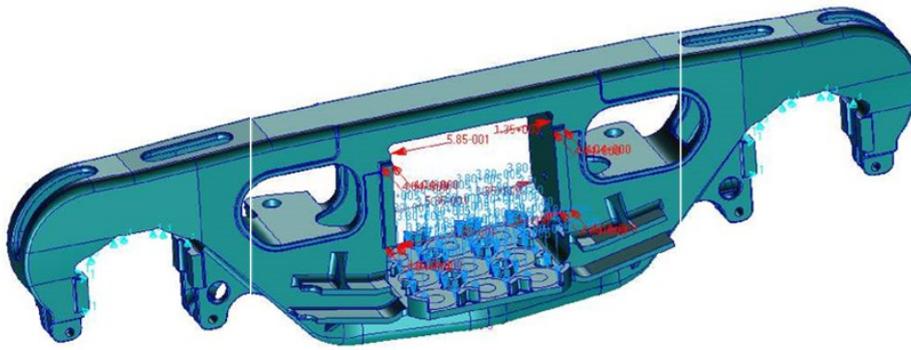


Рисунок 4 – Нагрузки, действующие на боковую раму при варианте нагружения в).

Схема расположения сечений и установки тензорезисторов на боковой раме (рисунок 5).

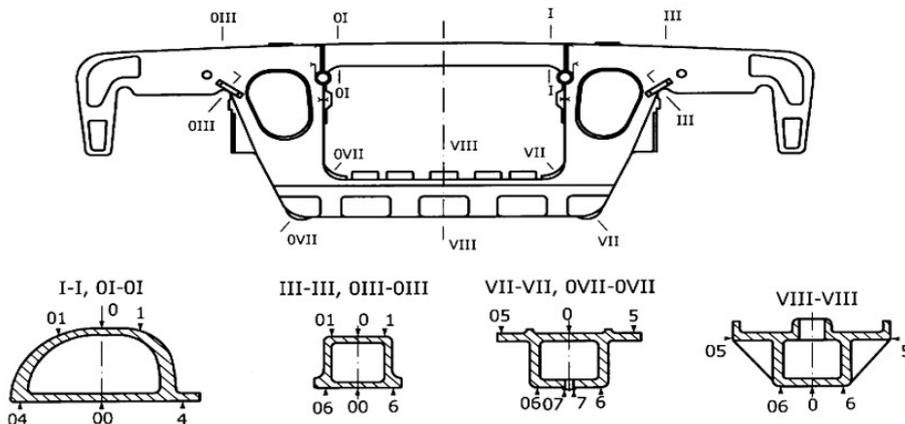


Рисунок 5 – Схема расположения сечений и установки тензорезисторов на боковой раме

При определении величины вертикальной статической нагрузки, выдерживаемой надрессорной балкой без разрушения, используется схема нагружения приведенная на рисунке 6. Надрессорную балку (1) опирают на две опоры, каждая из которых состоит из фасонной плиты (2) с отверстиями под бонки надрессорной балки толщиной не менее 50 мм, расположенного над цилиндром (3) диаметром 100-170 мм. И опорной тумбы (4) укрепленной на полу стенда. Ширину опорного элемента равна ширине горизонтальной части опорной поверхности надрессорной балки между наклонными плоскостями, а длина 150-200 мм. Испытательную нагрузку прикладывают к надрессорной балке через вкладыш (5) выполненный по форме пятника.

Схема нагружения боковой рамы приведена на рисунке 7. Боковую раму (1) устанавливают в рабочем положении на 2 катковые опоры, на каждую из них устанавливают опорные плиты (2) толщиной не менее 50 мм и цилиндра (3) диаметром 100-1700 мм. Испытательную нагрузку передают на нижний пояс рамы с помощью П-образного приспособления (4) через систему сегментов (5), обеспечивающих проектное распределение нагрузки на посадочные места пружин рессорного комплекта.

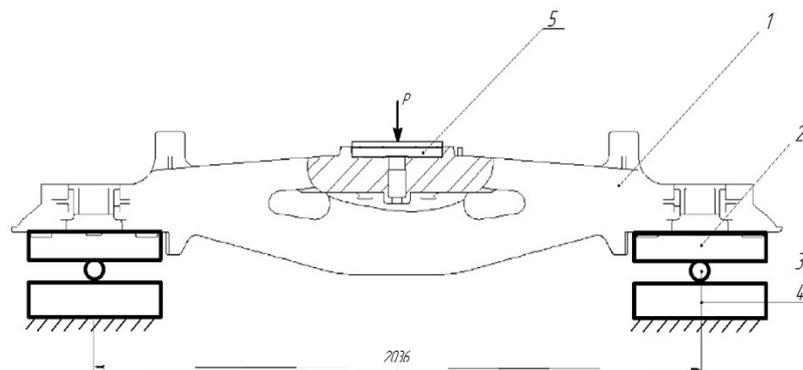


Рисунок 6 – Схема нагружения надрессорной балки

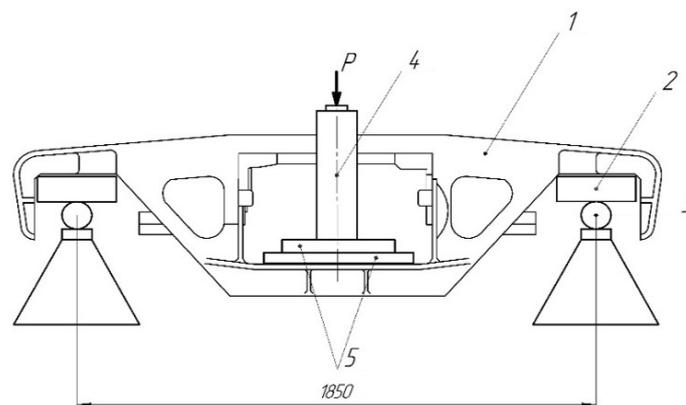


Рисунок 7 – Схема нагружения боковой рамы

Испытания проводят при плавном возрастании нагрузки со скоростью не более 50 кН/с.

Если испытательная нагрузка превышает допускаемую нагрузку до потери несущей способности детали более чем на 5%, допускается испытания не доводить до потери

несущей способности детали, а полученную максимальную нагрузку при этом считать результатом испытаний.

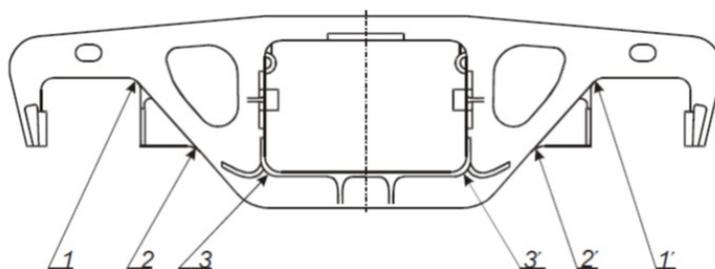
После окончания испытаний детали, при наличии макротрещины ее следует нагрузить повышенной квазистатической нагрузкой до раскрытия макротрещины для изучения металла в зоне излома.

По окончании испытаний допускается разрезать детали механическим способом по сечениям для оценки фактических размеров толщин стенок на соответствие их размерам по чертежу.

Схемы нагружения надрессорной балки и боковой рамы при усталостных испытаниях аналогичны схемам нагружения при статических испытаниях, приведенным на рисунках 6 и 7 соответственно.

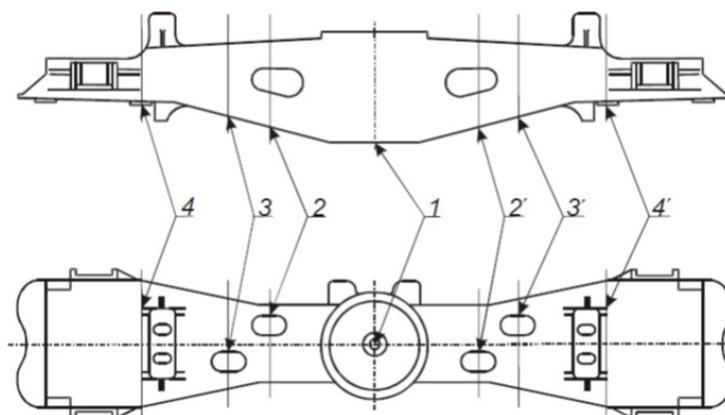
При полных ускоренных испытаниях каждую деталь испытывают при ассиметричном цикле нагружения до разрушения или достижения базового числа циклов $N_0=10^7$.

При сокращенных ускоренных испытаниях принимают контрольное число циклов 1,2 млн. и 1,4 млн. соответственно для деталей с осевыми нагрузками 230 кН и 245 кН.



1 – сечение внутреннего угла буксового проема (зона максимальных напряжений: 90 МПа от $P_0=228$ кН); 2 – сечение наклонного пояса за буксовым упором; 3 – сечение рессорного проема

Рисунок 8 – Схема расположения сечений в боковой раме по зонам разрушения



1 – шкворневое сечение; 2 – сечение по технологическому отверстию наклонного пояса (зона максимальных напряжений: 110 МПа от $P_0=228$ кН); 3 – сечение наклонного пояса; 4 – сечение возле скользуна

Рисунок 9 – Схема расположения сечений в надрессорной балке по зонам разрушения

Анализ изломов боковых рам и надрессорных балок после их усталостных испытаний показывает, что литейные дефекты, попадающие внутрь поперечного сечения, не приводят к разрушению детали в эксплуатации.

Для предотвращения аварий от излома боковых рам тележек, в вагонном хозяйстве принята система диагностического метода неразрушающего контроля наличия дефектов литых деталей тележек грузовых вагонов в первый и последующие межремонтные интервалы эксплуатации. Для боковых рам тележек грузовых вагонов свойственен низкий уровень номинальных проектных напряжений, вследствие чего усталостные трещины до момента разрушения рамы могут иметь достаточно протяженные размеры. Поэтому при назначении времени периодичности межремонтного осмотра необходимо знать, в течение какого времени развивающаяся трещина до момента разрушения рамы будет находиться в высокой степени вероятности ее обнаружения. Дефектоскопия должна выявлять дефекты определенного размера, которые при их развитии могут привести к разрушению в последующий интервал межремонтного периода обследования грузовых вагонов. В связи с этим возникает необходимость уточнения этого размера для оценки возможности эксплуатации боковых рам на различных этапах развития дефекта: 1) от его обнаружения; 2) до невозможности эксплуатации рамы вследствие ее разрушения.

Выводы.

Для повышения ресурса литых деталей тележек грузовых вагонов следует при переработке технических условий на изготовление литых деталей предусмотреть возможность исключения попадания литейных дефектов в зоны высоких напряжений (0,75-0,95) от допускаемых значений, а при разработке новых средств диагностики и неразрушающего контроля литых деталей предусматривать общую автоматизацию регистрации результатов измерений, максимально устранив человеческий фактор.

Тенденция повышения межремонтных пробегов грузовых вагонов с целью повышения эффективности железнодорожных перевозок наблюдается во всем мире. В перспективах развития подвижного состава Казахстана и стран ближнего зарубежья потребуются увеличения межремонтных пробегов для ходовых частей грузовых вагонов от 500 тыс. км до 1,0 млн. и более. Достижение таких показателей требует от разработчиков несущих элементов тележек внедрения уточненных методик выявления запаса усталостной прочности, учет влияния наиболее существенных технологических факторов, снижающих ресурс деталей, деградации механических свойств сталей, оценку живучести деталей методами механики разрушения, взаимодействия с технологами. Мониторинг текущих состояний наиболее нагруженных деталей тележек на протяжении всего жизненного цикла способствует исключению из эксплуатации негодных деталей и безотказности функционирования грузовых вагонов. Непрерывно улучшаются программные продукты, позволяющие оценивать влияние на прочность большего числа вредных факторов, улучшать технологию изготовления деталей, снижать процент брака, ускорять время поставки на производство.

Литература

1. Лукин В.В. Конструирование и расчет вагонов. – М.: Транспорт. – 2000. – 728 с.
2. Мусаев Ж.С., Солоненко В.Г. Конструкция вагонов. Учебник. – Алматы: «Эверо», 2016. – 556 с.
3. Протопопов А.Л., Коссов В.С., Оганьян Э.С., Волохов Г.М., Овечников М.Н. Моделирование живучести боковой рамы трехэлементной тележки грузового вагона численными методами // Транспорт российской федерации. – 2019. – № 4 (83). – С. 51-55.

4. Технический регламент ТС «О безопасности железнодорожного подвижного состава» (ТР ТС 001/2011).

5. ГОСТ 32400-2013 Рама боковая и балка надрессорная литых тележек железнодорожных грузовых вагонов.

6. Мусаев Ж.С., Әбілханова Г. Анализ эксплуатационной надежности боковой рамы грузовой тележки / Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Роль транспортной науки и образования в реализации пяти институциональных реформ», посвященной Плану нации «100 конкретных шагов». – Алматы: КазАТК, 27-28 апреля 2016. – С. 38-41.

7. СТ РК 1417-2005 Система испытаний подвижного состава. Требования к составу, содержанию, оформлению и порядку разработки программ и методик испытаний, и аттестации методик испытаний.

8. Мусаев Ж.С., Сулеева Н.З., Джакупов Н.Р. К вопросу усталостных испытаний литых деталей грузовых тележек // Вестник КазАТК. – 2019. – №2 (109). – С. 49-57.

9. Якушев А.В., Рузметов Я.О., Комиченко С.О. Разработка и обоснование формы образца с целью построения кинетической диаграммы усталостного разрушения для литых сталей при наличии внутренних литейных дефектов // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2014. – Вып. 2(39). – С. 129-133.

10. Коссов В.С., Оганьян Э.С., Красюков Н.Ф., Протопопов А.Л. Оценка условий безопасности эксплуатации литых деталей тележки грузового вагона // Тяжелое машиностроение. – 2016. – № 5. – С. 20-24.

11. Расчетно-экспериментальная оценка прочности, ресурса и живучести вагонных тележек. Коллективная Монография членов и научных партнеров Объединенного Ученого совета ОАО «РЖД» «Ренессанс железных дорог: Фундаментальные научные исследования и прорывные инновации». / Н.А. Махутов, В.С. Коссов, М.М. Гаденин, Э.С. Оганьян // Под ред. Б.М. Лapidуса. – МО. Ногинск: АНАЛИТИКА РОДИС. – 2015.

12. Петров Г.И., Черняев Н.Ю., Жайсан И.Ж. О модернизации грузовой тележки с установкой поперечной связи / Труды XVII научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ, 2016 г.

13. Плотников И.В., Петров Г.И., Калетин С.В., Паначев О.И., Соколов А.М. Анализ компьютерного моделирования НДС боковой рамы тележки вагона с учетом наличия концентраторов напряжений / Труды XVII научно-практической конференции «Безопасность движения поездов». – М.: МИИТ, 2016 г.

14. Северинова Т.П. Расчетно-теоретическое обоснование живучести боковых рам и надрессорных балок с допустимыми дефектами // Вестник ВНИИЖТ. – 2002. – № 5. – С. 18-21.

References

1. Lukin V.V. Design and calculation of wagons. – М.: Transport. – 2000. – 728 p.
2. Musaev Zh.S., Solonenko V.G. Construction of wagons. Textbook. – Almaty: "Evero", 2016. – 556 p.
3. Protopopov A.L., Kossov V.S., Oganyan E.S., Volokhov G.M., Ovechnikov M.N. Modeling the survivability of the side frame of a three-element trolley of a freight car by numerical methods // Transport of the Russian Federation. – 2019. – № 4 (83). – pp. 51-55.
4. Technical Regulations of the CU "On the safety of railway rolling stock" (TR CU 001/2011).
5. GOST 32400-2013 Side frame and spring beam of cast bogies of railway freight cars.
6. Musaev Zh.S., Abilkhanova G. Analysis of operational reliability of the side frame of the cargo trolley / Materials of the International Scientific and Practical Conference. "The role of transport science and education in the implementation of five institutional reforms", dedicated to the National Plan "100 concrete steps". – Almaty: KazATK, April 27-28, 2016. – pp. 38-41.

7. ST RK 1417-2005 Rolling stock testing system. Requirements for the composition, content, design and procedure for the development of programs and test methods, and certification of test methods.

8. Musaev Zh.S., Suleeva N.Z., Dzhakupov N.R. On the issue of fatigue tests of cast parts of cargo trucks // Vestnik KazATK. – 2019. – №2 (109). – pp. 49-57.

9. Yakushev A.B., Ruzmetov Ya.O., Komichenko S.O. Development and substantiation of the sample shape in order to construct a kinetic diagram of fatigue failure for cast steels in the presence of internal casting defects // Izvestiya of the St. Petersburg University of Railways. – 2014. – Issue 2(39). – pp. 129-133.

10. Kossov V.S., Oganyan E.S., Krasnyukov N.F., Protopopov A.L. Evaluation of the safety conditions for the operation of cast parts of a freight wagon trolley // Heavy engineering. – 2016. – No. 5. – pp. 20-24.

11. Computational and experimental assessment of the strength, resource and survivability of trolley trolleys. Collective monograph of members and scientific partners of the Joint Scientific Council of JSC "Russian Railways" "Renaissance of railways: Fundamental scientific research and breakthrough innovations" / N.A. Makhutov, V.S. Kossov, M.M. Gadenin, E.S. Ohanyans // Edited by B.M. Lapidus. – MO. Noginsk: ANALYTICS RODIS. – 2015.

12. Petrov G.I., Chernyaev N.Yu., Zhaysan I.Zh. On the modernization of a cargo trolley with a cross-link installation / Proceedings of the XVII scientific and practical conference "Train safety". – Moscow: MIIT, 2016.

13. Plotnikov I.V., Petrov G.I. Kaledin S.V., Panachev O.I., Sokolov A.M. A review of computer simulation of the VAT side frame of the truck of the car taking into account the presence of stress concentrators / Proceedings of the XVII scientific–practical conference "traffic Safety". – M.: Engineering, 2016.

14. Severinova T.P. Etc. theoretical substantiation of the survivability of the side frames and bolsters with possible defects // Vestnik VNIIZHT. – 2002. – No. 5. – pp. 18-21.

МУСАЕВ Ж.С. – т.ғ.д., доцент (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

БЕКМАМБЕТ Қ.М. – т.ғ.к., доцент (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ХАНГЕРЕЕВ Р.Т. – оқытушы (Алматы қ., Алматы қатынас жолдарының техникалық-экономикалық колледжі)

АҚАУЛАРДЫҢ ЖҮК ВАГОНЫ АРБАШЫҚТАРЫНЫҢ ҚҰЙЫЛҒАН БӨЛШЕКТЕРІНІҢ ҚАЗУ БЕРІКТІГІНЕ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Аңдатпа

Жүк вагондарының арбаларының құйылған бөлшектері сатып алынған пайдалану ақауымен (тоза бастаған жарықтар), сондай-ақ күрделі конфигурациялы ірі габаритті құймаларға тән бастапқы технологиялық ақауымен сипатталады. Бұл ақаулық оларды пайдалану кезінде арбалардың құйылған бөліктерінің апаттық бұзылуына әкелуі мүмкін. Жүк вагондары арбаларының бүйір жақтауларының сынуы көбінесе вагонның рельстен шығып кетуімен бірге жүреді, пойыздар қозғалысының қауіпсіздігіне қауіп төндіреді, азаматтардың өмірі мен денсаулығына қауіп төндіреді, айтарлықтай шығындар әкеледі. Мақалада бүйірлік раманың кернеулі-деформацияланған күйін бағалау үшін, әрине, элемент моделі ұсынылады. Жүктеу схемалары мен бүйірлік рамаларды сынау әдістері қарастырылған.

Түйінді сөздер: жүк вагонының арбасы, бүйір жақтау, құю ақауы, кернеулі-деформацияланған күй, модельдеу, сынау, талдау.

MUSAEV Zh.S. – d.t.s., assoc. professor (Almaty, Academy of logistics and transport)
BEKMAMBET K.M. – c.t.s., assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

KHANGEREEV R.T. – teacher (Almaty, Almaty technical-economical college of way communication)

EVALUATION OF THE EFFECT OF DEFECTS ON THE FATIGUE STRENGTH OF CAST PARTS OF FREIGHT CAR BOGIES

Abstract

Cast parts of trucks of freight cars are characterized by acquired operational defects (fatigue cracks), as well as initial technological defects, which are characteristic of large-sized castings of complex configuration. This defect can lead to accidental destruction of the cast parts of the trolleys during their operation. Fractures of the side frames of trucks of freight cars are often accompanied by a derailment of the car, pose a threat to the safety of train traffic, pose a danger to the life and health of citizens, and cause significant losses. In the article, a finite element model is proposed to assess the stress-strain state of the side frame. Loading schemes and testing methods of side frames are considered.

Keywords: freight car trolley, side frame, casting defect, stress-strain state, modeling, testing, analysis.

УДК 517.624.2

УТЕМАГАНБЕТОВ З.С. – к.ф-м.н., доцент (г. Актау, Yessenov University)
НИГМЕТОВА Г.Н. – к.ф-м.н., доцент (г. Актау, Yessenov University)
УРБИСИНОВА Б.Т. – старший преподаватель (г. Актау, Yessenov University)
ТУКИБАЕВА М.А. – к.т.н., ассоц. профессор (г. Алматы, Университет иностранных языков и деловой карьеры)

МЕТОД ПЕРЕНОСА КРАЕВЫХ УСЛОВИЙ (АЛГОРИТМ ТОМАСА) ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ СМЕШАННОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Аннотация

Предложен новый алгоритм, который является альтернативой методу прогонки для численного решения линейных дифференциальных уравнений второго порядка с закрепленными краевыми условиями. Алгоритм имеет более широкую область применимости, чем известный метод прогонки и работает как при положительных, так и при отрицательных коэффициентах уравнения. Основной целью данной работы является получение рекуррентных формул аналогичных формулам прогонки, для численного решения краевой задачи дифференциальных уравнений второго порядка. Наиболее важным является вопрос о наличии прогоночных формул, когда коэффициент при решении в уравнении имеет отрицательный знак или является знакпеременным. В работе показана согласованность и вычислительная устойчивость разностных схем,

представляемых посредством предлагаемых рекуррентных формул. Результаты, полученные в данной статье, подтверждаются расчетными данными.

Ключевые слова: метод прогонки, смешанные краевые задачи, трехдиагональная матрица, вычислительная погрешность, граничные условия, метод конечных разностей, узловые точки, метод немонотонной прогонки.

Введение.

Применение широко распространенных конечно-разностных, проекционно-сеточных и многих других методов для численного решения краевых задач для дифференциальных уравнений, в конечном этапе решения приводит к применению метода прогонки. Поэтому метод прогонки занимает важное место среди наиболее часто применяемых численных методов.

При применении метода конечных разностей к краевым задачам для уравнений второго порядка получается «трехчленная система» линейных алгебраических уравнений, каждое из которых содержит три соседних неизвестных. Для решения такой системы разработан специальный метод, называемый методом прогонки.

Метод прогонки, предназначен для решения разностных уравнений, которые получаются при написании разностных соотношений для дифференциальных уравнений. Вычислительная устойчивость метода прогонки гарантируется при условии, когда имеет место свойство диагонального преобладания матрицы системы разностных уравнений. В свою очередь, для соответствующих дифференциальных уравнений это свойство означает, что коэффициент при искомом решении должен быть положительным. Методы прогонки при условии, когда вышеуказанное свойство устойчивости выполнено хорошо зарекомендовали себя как широко применяемое средство численного решения краевых задач дифференциальных уравнений второго порядка. К данному моменту существуют различия в оценках условий устойчивости метода прогонки (вплоть до решительной критики, [1]), но, тем не менее, этот класс методов в целом положительно принят и является одним из основных инструментов специалистов-вычислителей, о чем свидетельствует описание этих методов в учебниках. Несомненно, решающую роль сыграла более чем, 50-летняя практика применения методов прогонки к решению конкретных задач. К сожалению, строгого обоснования применимости методов этого класса желает оставлять лучшего, так как в совокупности строгих результатов имеются существенный пробел. Например, в работе [2] приводится подробный анализ формул прогонки и излагается о трудностях при замыкании вычислительного алгоритма, как следствие того, что формулы прямой прогонки в начальной точке ведут себя как обратная величина к шагу сетки.

Примеры, когда метод прогонки дает неудовлетворительные результаты при решении краевых задач, имеются множество в разных источниках. В частности, таких примеров можно найти в [3, 4]. Причем неудовлетворительный результат может получиться и в том случае, когда все условия применимости метода прогонки выполнены.

Такая неблагоприятная ситуация может быть следствием накопления вычислительных погрешностей. При расчетах с достаточно крупными шагами h , влиянием вычислительной погрешности на решение часто можно пренебречь. Однако все же стоит иметь в виду, что при решении системы разностных уравнений соответствующей краевой задаче методом прогонки может происходить накопление вычислительной погрешности. Известно, что при $h \rightarrow 0$, вычислительная погрешность может возрасти пропорционально $1/h^2$. Таким образом, при достаточно малых значениях шага h возможна катастрофическая потеря точности. Такая недопустимая потеря точности происходит из-за того, что уже на этапе составления разностных уравнений происходит существенное искажение искомого решения [3]. То есть, такая ситуация является

следствием недостатка метода конечных разностей, а не следствием метода прогонки, что полностью соответствует изложенному в книге Бабенко К.И. [1].

Метод классической прогонки предназначен для решения конечно-разностных уравнений, матрицы которых имеет трехдиагональный вид. Но, если для таких матриц не выполнены условия диагонального преобладания, то обоснование вычислительной устойчивости метода прогонки не представляется возможным. Следовательно, применение классической прогонки для решения таких систем не совсем правомерно. Поэтому для таких случаев напрашивается применения метода «немонотонной прогонки», который является методом Гаусса с выбором главного элемента. Однако при попытке применить «немонотонную прогонку» может быть нарушена трёхдиагональность исходной матрицы, поэтому «немонотонную прогонку» не применяют для ленточных матриц [5]. Анализ устойчивости счета при выборе ведущего элемента и возможность недопустимого роста некоторых коэффициентов необходимых для счета приведен в работе [4].

На основе вышеприведенных обстоятельств можно прийти к выводу, что следовало бы, иметь в арсенале вычислительной математики серию рекуррентных формул, аналогичных формулам прогонки, но, тем не менее, которая представляла бы собой некую альтернативу к формулам классической прогонки. При этом желательно, чтобы предлагаемые формулы были вычислительно устойчивыми для широкого класса задач, чем это имеет место для известных вариантов методов прогонки.

Цель настоящей работы – получение рекуррентных формул аналогичных формулам прогонки, для численного решения краевой задачи дифференциальных уравнений второго порядка, когда метод прогонки может привести к неутешительным результатам. В частности, особенно важным является вопрос о наличии прогоночных формул, когда коэффициент при решении в уравнении (имеет отрицательный знак или является знакопеременным) и граничные условия не удовлетворяют условиям устойчивости широко применяемого метода прогонки.

Постановка задачи. Рассматривается дифференциальное уравнение второго порядка

$$(k(t)y'(t))' - q(t)y(t) = f(t), \quad 0 \leq t \leq 1 \quad (1)$$

со следующими краевыми условиями

$$k(0)y'(0) - \alpha_0 y(0) = \beta_0 \quad (2)$$

$$k(1)y'(1) - \alpha_1 y(1) = \beta_1 \quad (3)$$

где $\alpha_0, \alpha_1, \beta_0, \beta_1$ – действительные числа, $\beta_0, \beta_1 \in \mathbb{R} =]-\infty, +\infty[$.

Будем считать, что коэффициенты уравнения $f(t), q(t)$ – непрерывны на отрезке $[0, 1]$, коэффициент $k(t)$ непрерывно дифференцируем на $[0, 1]$, и $k(t) \geq k_0 > 0$.

Для исследования вопросов численного решения данной краевой задачи разобьем отрезок $[0, 1]$ на N частей, введением узловых точек $0 = t_0 < t_1 < \dots < t_N = 1$.

Если обозначить через h расстояния между узлами (шаг сетки), то $h = \frac{1}{N}$, $t_n = \frac{n}{N}$, ($n = 0, 2, \dots, N$), где N – целое число отрезков разбиения (шаг сетки может быть и неравномерным).

В дальнейшем будем обозначать через $y(t_n)$ значение точного решения краевой задачи (1) - (3) в точке t_n , а через y_n и y'_n – соответствующее приближенное решение и ее производную, построенную с помощью рассматриваемого численного метода. Также для удобства будем пользоваться обозначениями вида

$$k(t_n) = k_n, \quad \mu_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t) dt, \quad \sigma_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} f(t) dt, \quad l_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \frac{dt}{k(t)}, \quad n = 1, 2, \dots, N.$$

Необходимо получить рекуррентные прогоночные формулы численного решения краевой задачи (1) - (3), и исследовать их на предмет согласованности и устойчивости, и тем самым указать условия применимости полученных формул.

3. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1) - (3), в случае когда $q(t) \geq 0$.

Описание алгоритма.

В случае когда $q(t) \geq 0$, для численного решения краевой задачи (1) - (3) могут быть использованы следующие рекуррентные формулы:

Формулы прямого хода:

$$a_0 = \alpha_0 \quad a_n = \frac{a_{n-1} + \mu_n}{1 + a_{n-1} l_n}, \quad (4)$$

$$v_0 = \beta_0 \quad v_n = \frac{v_{n-1} + \sigma_n}{1 + a_{n-1} l_n} \quad (5)$$

для всех $n = 1, 2, \dots, N$.

Формула обратного хода:

$$y_N = \frac{\beta_1 - v_N}{a_N - \alpha_1}, \quad y_{n-1} = \left(1 - \frac{h a_n}{k_n (1 + a_n l_n)} \right) y_n - \frac{h v_n}{k_n (1 + a_n l_n)}, \quad (6)$$

для всех $n = N, N-1, \dots, 1$, при условии, что $a_N \neq \alpha_1$

Доказательство согласованности. Для этого покажем, что при $h \rightarrow 0$, из приведенных рекуррентных формул (4) - (6) можно получить задачу Коши для трех дифференциальных уравнений первого порядка, которая в свою очередь, является эквивалентной исходной краевой задаче (1) - (3).

Из формулы (4) имеем $a_n + a_n a_{n-1} l_n = a_{n-1} + \mu_n$ или $a_n - a_{n-1} = \mu_n - a_n a_{n-1} l_n$. Поделив обе части этого выражение на h и переходя к пределу при $h \rightarrow 0$, можно получить дифференциальное уравнение который носит название Рикатти

$$a'(t) + \frac{1}{k(t)} a^2(t) = q(t), \quad a(0) = \alpha_0 \quad (7)$$

Рассуждая совершенно аналогично, можем убедиться в том, что дифференциальными аналогами соответствующим рекуррентным формулам (5) - (6) являются следующие дифференциальные уравнения

$$v'(t) + \frac{1}{k(t)} a(t)v(t) = f(t), \quad v(0) = \beta_0, \quad (8)$$

$$k(t)y'(t) - a(t)y(t) = v(t), \quad y(1) = \frac{v(1) - \beta_1}{\alpha_1 - a(1)} \quad (9)$$

при условии, что $a(1) \neq \alpha_1$, где последнее уравнение системы интегрируется справа налево.

Обоснование того, что решение $y(t)$ полученной дифференциальной системы также является решением краевой задачи (1) - (3) можно найти в книгах [2], [6]. Там же проводится некоторый анализ этой системы, тем не менее, соответствующие к ним дискретные формулы для численного решения не приводятся. Данный пункт настоящей статьи, в определенном смысле восполняет этот пробел.

Доказательство устойчивости. Теперь убедимся, в том, что вышеприведенные рекуррентные формулы являются вычислительно устойчивыми. Заметим, что по условию

$\mu_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t) dt \geq 0$, $\alpha_0 > 0$ и отсюда, как видно из формулы (4) следует, что $a_n \geq 0$, значит,

выполняется неравенство $\frac{1}{1 + a_{n-1} l_n} \leq 1$, для всех $n = 1, 2, \dots, N$.

Это обстоятельство обеспечивает устойчивость счета по формулам (4) - (5). В формуле (6) множитель при y_n может быть преобразован к виду

$$1 - \frac{ha_n}{k_n(1 + a_n l_n)} = \frac{k_n(1 + a_n l_n) - ha_n}{k_n(1 + a_n l_n)} = \frac{k_n \left(1 + \frac{ha_n}{k_n} + O(h^2) \right) - ha_n}{k_n(1 + a_n l_n)} = \frac{1}{1 + a_n l_n} + O(h^2)$$

Поскольку, по условию $l_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \frac{dt}{k(t)} dt \geq 0$ и $a_n \geq 0$, то выполняется неравенство

$\frac{1}{1 + a_n l_n} \leq 1$ для всех $n = N, N-1, \dots, 1$, что гарантирует устойчивость счета по формуле

обратного хода (6). Заметим, что приведенные рекуррентные формулы (4) - (6) аппроксимируют исходную краевую задачу с первым порядком точности. При необходимости, могут быть выписаны аналогичные к этим формулам рекуррентные формулы, которые обеспечивают более высокую точность, чем приведенные, но целью этого пункта данной работы является обоснования корректности формул (4) - (6), которые являются основой при построении алгоритма для численного решения задачи (1) - (3), в случае когда $q(t) \leq 0$.

Сведение краевой задачи (1) - (3) к задаче Коши (7) - (9) и последующее ее решение называется методом дифференциальной прогонки или методом простой факторизации и в том случае когда, в уравнении (1) $q(t) \geq 0$ был предметом исследования многих авторов. Среди них Гельфанд, Локуциевский, Марчук, Ридли и т.д. К развитию метода прогонки применительно к задачам разного характера внесли весомые вклады многие видные математики. Среди них: Абрамов А.А., Бахвалов Н.С., Владимиров В.С., Воеводин А.Ф., Годунов С.К., Отелбаев М.О., Дегтярев Л.М., Сафронов И.Д. и другие. В результате в данный момент существует много модификаций метода прогонки такие как: классическая, потоковая, циклическая, ортогональная, немонотонная прогонки. Все они предназначены для решения систем уравнений, возникающих при аппроксимации краевых задач, и являются модификациями метода классической прогонки, и каждый из них может быть выбран для решения конкретного класса задач.

Численный пример.

В качестве численного примера рассмотрим краевую задачу $y''(t) - 25y(t) = 0$, $0 \leq t \leq 1$, $y'(0) - y(0) = 1$, $y'(1) - y(1) = 1$. В условиях этого примера $k(t) \equiv 1$, $q(t) \equiv 25$, $f(t) \equiv 0$, $\alpha_0 = \alpha_1$. При численном расчете с шагом $N = 100$, по формулам (4) - (6), абсолютная величина наибольшей погрешности равна $\delta = 0.003$.

4. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1) - (3) в случае когда $q(t) \leq 0$.

Описание алгоритма.

Организация прямого хода.

Счет начнем по следующим формулам, которых назовем **формулами прямого хода для отрицательного «входа»**

$$b_n = \frac{b_{n-1} + l_n}{1 + b_{n-1} \mu_n}, \quad b_0 = \frac{1}{\alpha_0}; \quad d_n = \frac{d_{n-1} + b_{n-1} \sigma_n}{1 + b_{n-1} \mu_n}, \quad d_0 = \frac{\beta_0}{\alpha_0}; \quad n = 1, \dots, \theta_1. \quad (10)$$

где θ_1 – такой номер, что для всех $n = 1, \dots, \theta_1$, значения $b_n \leq 0$, и $b_{\theta_1} > 0$. То есть, здесь тот номер n , для которого впервые становится, $b_{\theta_1} > 0$ обозначен θ_1 (если такого номера θ_1 не существует, то расчет по этим формулам будет вестись до правого конца отрезка). Формулы (10) предназначены для отрицательного «входа», поэтому

положим $a_{\theta_1} = \frac{1}{b_{\theta_1}} < 0$, $v_{\theta_1} = \frac{d_{\theta_1}}{b_{\theta_1}}$, и счет начнем по следующим формулам, которых назовем **формулами прямого хода для положительного «входа»**

$$a_n = \frac{a_{n-1} + \mu_n}{1 + a_{n-1} l_n}, \quad a_{\theta_1} = \frac{1}{b_{\theta_1}}; \quad v_n = \frac{v_{n-1} + \sigma_n}{1 + a_{n-1} l_n}, \quad v_{\theta_1} = \frac{d_{\theta_1}}{b_{\theta_1}}; \quad n = \theta_1 + 1, \dots, \theta_2 \quad (11)$$

где θ_2 – такой номер шага, что для всех $n = \theta_1 + 1, \dots, \theta_2 - 1$ значения $a_n \geq 0$, и $a_{\theta_2} < 0$. Так как входное значение a_n для формул (11) на номере θ_2 становится

отрицательным, с помощью соотношений $b_{\theta_2} = \frac{1}{a_{\theta_2}}, \quad d_{\theta_2} = \frac{v_{\theta_2}}{a_{\theta_2}}$ переходим к формулам (10). То есть счет продолжим по формулам прямого хода для отрицательного «входа»

$$b_n = \frac{b_{n-1} + l_n}{1 + b_{n-1} \mu_n}, \quad b_{\theta_2} = \frac{1}{a_{\theta_2}}; \quad d_n = \frac{d_{n-1} + b_{n-1} \sigma_n}{1 + b_{n-1} \mu_n}, \quad d_{\theta_2} = \frac{v_{\theta_2}}{a_{\theta_2}}; \quad n = \theta_2 + 1, \dots, \theta_3.$$

где θ_3 – такой номер, что для всех $n = \theta_2 + 1, \dots, \theta_3 - 1$, значения $b_n \leq 0$ и $b_{\theta_3} > 0$ (если такого номера θ_3 не существует, то расчет по этим формулам будет вестись до правого конца отрезка). Далее, при необходимости вышеописанная процедура повторяется и в следующих возможных точках перехода. Таким образом, до завершения прямого хода могут быть осуществлены множества переходов, между формулами прямых ходов для отрицательного и положительного «входов». Количество таких переходов зависит от величины функции $q(t)$.

Если обозначим и θ_k – тот номер, на котором последний раз совершался переход из формул (10) к формулам (11) или наоборот, то множества индексов, представляющий собой «номера шагов перехода» можно обозначить через $\{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k\}$. И соответственно, множество индексов от 1 до N , разбивается на подинтервалы: $[0, \theta_1], [\theta_1 + 1, \theta_2], [\theta_2 + 1, \theta_3], \dots, [\theta_{k-2} + 1, \theta_{k-1}], [\theta_{k-1} + 1, \theta_k], [\theta_k + 1, N]$.

В терминах введенных обозначений можно утверждать, что переход из (10) к (11) и

обратно, осуществляется с помощью соотношений $a_{\theta_j} = \frac{1}{b_{\theta_j}}, \quad v_{\theta_j} = \frac{d_{\theta_j}}{b_{\theta_j}}$, здесь θ_j – номер индекса, начиная с которого осуществляется указанный переход ($j = 1, 2, \dots, k$), где j – номер перехода.

Итак, поочередное использование формул (10) и (11) прямого хода для отрицательного и для положительного «входов», позволяет вести расчет до правого конца рассматриваемого отрезка и тем самым завершить «прямой ход». При этом на последнем отрезке, где ведется прямой ход расчета, то есть на $[\theta_k + 1, N]$, возможны следующие два взаимоисключающих случая:

- 1) расчет ведется по формулам (10) прямого хода для отрицательного «входа».
- 2) расчет ведется по формулам (11) прямого хода для положительного «входа».

Организация обратного хода

В первом случае, положим $z_N = \frac{\beta_1 - \alpha_1 d_N}{1 - \alpha_1 b_N}$ (при условии, что $b_N \frac{1}{\alpha_1}$) и начнем обратный расчет по следующим формулам, которых назовем **формулами обратного хода для отрицательного «входа»**

$$z_{n-1} = \frac{z_n + \mu_n d_{n-1} - \sigma_n}{1 + b_{n-1} \mu_n}, \quad y_{n-1} = b_{n-1} z_{n-1} - d_{n-1}; \quad n = N, N-1, \dots, \theta_k + 2, \theta_k + 1. \quad (12)$$

Далее, начиная с шага θ_k , продолжим счет, по следующей рекуррентной формуле которую удобно назвать **формулой обратного хода для положительного «входа»**.

$$y_{n-1} = \left(1 - \frac{ha_n}{k_n(1+a_n l_n)} \right) y_n - \frac{hv_n}{k_n(1+a_n l_n)}; \quad n = \theta_k, \dots, \theta_{k-1} + 2, \theta_{k-1} + 1. \quad (13)$$

Для продолжения расчета на множестве индексов $[\theta_{k-1}, \theta_{k-2} + 1]$, в обратном направлении, потребуется переход к формулам обратного хода для отрицательного «входа» (12). Последние два значения $y_{\theta_{k-1}+1}$ и $y_{\theta_{k-1}}$ рассчитанные по формуле (13),

позволяют найти значение $z_{\theta_{k-1}}$ по формуле $z_{\theta_{k-1}} = \frac{y_{\theta_{k-1}+1} - y_{\theta_{k-1}}}{hk_{\theta_{k-1}}}$.

Далее, для всех индексов от $n = \theta_{k-1}$ до $n = \theta_{k-2} + 1$, расчет ведется по формулам (12). На следующем интервале $[\theta_{k-2}, \theta_{k-3} + 1]$, расчет осуществляется справа налево по формулам (13). Таким образом, чередуя формулы обратного хода для отрицательного «входа» (12) и положительного «входа» (13), могут быть найдены все искомые значения y_n , ($n = N-1, \dots, 1$). При этом, где потребуется перейти из (13) к формулам (12), переход

осуществляется по формуле $z_{\theta_j} = \frac{y_{\theta_j+1} - y_{\theta_j}}{hk_{\theta_j}}$, где θ_j – номер индекса, начиная с которого осуществляется переход ($j = k, k-1, \dots, 0$), j – номер перехода.

Во втором случае, полагается, что $y_N = \frac{\beta_1 - v_N}{a_N - \alpha_1}$, (при условии α_1) и расчет продолжается по формулам (13) то есть, по формулам обратного хода для положительного «входа» от индекса N , до индекса $\theta_k + 1$. На индексе θ_k , где необходимо перейти к (12),

вычисляем значение по формуле $z_{\theta_k} = \frac{y_{\theta_k+1} - y_{\theta_k}}{hk_{\theta_k}}$, и расчет продолжится по формуле (12) для всех индексов интервала $[\theta_k, \theta_{k-1} + 1]$, справа налево. Далее, организовав данный численный процесс обратного хода совершенно аналогично предыдущему случаю, то есть, чередуя формулы обратных ходов для отрицательного и положительного «входа», можно получить все интересующие значения y_{n-1} , ($n = N, N-1, \dots, 1$).

Доказательство согласованности. Рассмотрим следующую систему дифференциальных уравнений 1-го порядка

$$b'(t) + q(t)b^2(t) = \frac{1}{k(t)}, \quad b(0) = \frac{1}{\alpha_0} \quad (14)$$

$$d'(t) + q(t)b(t)d(t) = b(t)f(t), \quad d(0) = \frac{\beta_0}{\alpha_0}; \quad (15)$$

$$z'(t) - q(t)b(t)z(t) = f(t) - q(t)d(t), \quad z(1) = \frac{\beta_1 - \alpha_1 d(1)}{1 - \alpha_1 b(1)} \quad (16)$$

при условии, что $b(1) \frac{1}{\alpha_1}$. Здесь последнее уравнение системы интегрируется справа налево. Если известно, решение этой системы, то решение исходной краевой задачи запишется в виде

$$y(t) = b(t)z(t) - d(t) \quad (17)$$

Действительно, если продифференцируем это выражение и воспользуемся уравнениями системы (14) - (16), то получим $y'(t) = \frac{z(t)}{k(t)}$ или $k(t)y'(t) = z(t)$. Значит $(k(t)y'(t))' = z'(t) = f(t) - q(t)d(t) + q(t)b(t)z(t) = f(t) + q(t)(b(t)z(t) - d(t)) = f(t) + q(t)y(t)$, то есть получим исходное уравнение. Если теперь положим $b(0) = \frac{1}{\alpha_0}$, $d(0) = \frac{\beta_0}{\alpha_0}$ то краевое условие на левом конце отрезка выполняется автоматически. Для определения начального значения для $z(t)$, в точке $t=1$ имеем $y(1) = b(1)z(1) - d(1)$ и $y'(1) = \frac{z(1)}{k(1)}$. Отсюда с учетом краевого условия (3) получается $z(1) = \frac{\beta_1 - \alpha_1 d(1)}{1 - \alpha_1 b(1)}$ при условии, что $b(1) \frac{1}{\alpha_1}$. Тем самым, было показано, что функция $y(t) = b(t)z(t) - d(t)$ является решением краевой задачи (1) - (3), где $b(t)$, $d(t)$, $z(t)$ – решение дифференциальной системы (14) - (16). Обратно, из краевой задачи (1) - (3), можно получить систему (14) - (16), следующим образом. Искомое решение будем искать в виде $y(t) = b(t)z(t) - d(t)$, где $b(t)$, $d(t)$ – пока неизвестные функции (прогоночные коэффициенты), для которых необходимо получить дифференциальные уравнения. Тогда если в уравнении (1) положим $k(t)y'(t) = z(t)$, то получим уравнение (16). Далее, с учетом только, что введенных соотношений и уравнения (16) будем иметь

$$k(t)y'(t) = k(t)[(b(t)z(t) - d(t))]' = k(t)[b'(t)z(t) + b(t)z'(t) - d'(t)] =$$

$$k(t)[k(t)b'(t) + k(t)q(t)b^2(t)]y'(t) + q(t)b(t)d(t) - b(t)f(t) + d'(t)$$

После приведения подобных членов, имеем равенство

$$[k(t)b'(t)+k(t)q(t)b^2(t)-1]y'(t)+q(t)b(t)d(t)-b(t)f(t)+d'(t)$$

Приравнивая коэффициенты к нулю при $y'(t)$ и единице, получим два дифференциальных уравнения для прогоночных коэффициентов, то есть уравнения (14) - (15).

Из выражения (17) при $t=0$ и из краевого условия на левом конце получим $z(0)(1-\alpha_0 b(0))+\alpha_0 d(0)=\beta_0$. Полагая здесь $b(0)=\frac{1}{\alpha_0}$, получаем $d(0)=\frac{\beta_0}{\alpha_0}$.

Начальное значение для $z(t)$ получается аналогично. Тем самым, было показано, что краевая задача (1) - (3) и система дифференциальных уравнений (14) - (16) имеют одинаковые решения.

В системе (14) - (16) можно произвести следующую замену в тех точках, полагая, что функция $b(t)$, нигде не обращается в ноль

$$a(t)=\frac{1}{b(t)}, \quad v(t)=\frac{d(t)}{b(t)}, \quad y(t)=b(t)z(t)-d(t). \quad (18)$$

В результате приходим к другой системе дифференциальных уравнений 1-го порядка

$$a'(t)+\frac{1}{k(t)}a^2(t)=q(t) \quad (19)$$

$$v'(t)+\frac{1}{k(t)}a(t)v(t)=f(t) \quad (20)$$

$$k(t)y'(t)-a(t)y(t)=v(t) \quad (21)$$

которая, как и предыдущая система является эквивалентной исходной краевой задаче (что, может быть показано, аналогично тому, как это было сделано с системой (14) - (16)). Начальные значения для системы дифференциальных уравнений (19) - (21) определяются из соотношений (18). Как видно из (18), при необходимости может быть, осуществлен обратный переход от системы (19) - (21) к (14) - (16), с помощью соотношений

$$b(t)=\frac{1}{a(t)}, \quad d(t)=\frac{v(t)}{a(t)}, \quad z(t)=a(t)y(t)+v(t).$$

Переходя к пределу при $h \rightarrow 0$, в рекуррентных формулах $\{b_n, d_n()\}$ из (10) получаем дифференциальные уравнения (14) - (15). Аналогично, переход к пределу при $h \rightarrow 0$ в рекуррентной формуле (12) дает уравнение (16). Точно также, можем убедиться в том, что дифференциальными аналогами соответствующим рекуррентным формулам (11), (13) являются дифференциальные уравнения представляемой системой (19) - (21).

Обоснование того, что решение $y(t)$ каждой из систем (14) - (16) и (19) - (21) является и решением краевой задачи (1) - (3), было приведено выше.

$$\mu_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t) dt \leq 0,$$

Доказательство устойчивости. По условию $\int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t) dt \leq 0$ и по построению алгоритма, в формулах для (b_n, d_n, z_n) значение $b_{n-1} \leq 0$, и значит, выполняется

$$\frac{1}{1+b_{n-1}\mu_n} \leq 1$$

неравенство. Это обстоятельство обеспечивает устойчивость счетам по формулам (10) и (12). Аналогично устойчивость счета по формулам (11) гарантирует

$$\frac{1}{1+a_{n-1}l_n} \leq 1$$

неравенство, которое всегда выполняется в силу того, что по условию задачи

$$l_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \frac{dt}{k(t)} \geq 0$$

имеет место неравенство $l_n \geq 0$ и по условию алгоритма $a_{n-1} \geq 0$. Таким образом, выполнение условия устойчивости видно во всех формулах непосредственно, кроме

формулы (13). В формуле (13), множитель при y_n может быть преобразован к виду

$$1 - \frac{ha_n}{k_n(1+a_n l_n)} = \frac{k_n(1+a_n l_n) - ha_n}{k_n(1+a_n l_n)} = \frac{k_n \left(1 + \frac{ha_n}{k_n}\right) - ha_n}{k_n(1+a_n l_n)} + O(h^2) = \frac{1}{1+a_n l_n} + O(h^2)$$

Поскольку, по построению алгоритма $a_n \geq 0$, то выполняется неравенство $\frac{1}{1+a_n l_n} \leq 1$.

Из приведенных выше рассуждений следует, что **вышеописанный алгоритм является корректным, если выполнено условие** $b_N \frac{1}{\alpha_1}$, при реализации первого из

указанных возможных случаев. А условие α_2 , гарантирует корректность алгоритма при реализации второго из случаев на конце расчетного отрезка. Если эти условия не выполнены, то можно начать расчет с правого конца отрезка, то есть организовывать процесс «встречной прогонки».

5. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1) - (3) в случае когда $q(t) \leq 0$.

В этом случае, расчет начинается по формулам (11) с начальными значениями $a_0 = \alpha_0$, $v_0 = \beta_0$ и далее процесс численного решения организуется аналогично предыдущему случаю, то есть когда $q(t) \leq 0$, который подробно был изложен выше.

Численные примеры.

1. В качестве численного примера рассмотрим краевую задачу $y''(t) + 81y(t) = 0$, $0 \leq t \leq 1$, $y'(0) + 10y(0) = 10$, $y'(1) - y(1) = 1$. В условиях этого примера $k(t) \equiv 1$, $q(t) \equiv -81$, $f(t) \equiv 0$, $\alpha_0 = -1$, $\alpha_1 = 1$, $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 1$. При численном расчете с шагом $N = 100$, по вышеуказанному алгоритму, абсолютная величина наибольшей погрешности равна

$\delta=0.436$. Такая низкая точность является следствием того, что в этом примере функция $q(t)$ и количество шагов – величины одного порядка. Тем не менее, такая точность не противоречит гарантируемому первому порядку точности излагаемого метода. А при расчете с шагом $N=100$, та же самая погрешность равна $\delta=0.058$.

2. В качестве следующего численного примера рассмотрим краевую задачу $y''(t)+81y(t)=0, 0 \leq t \leq 1, y'(0)+100y(0)=10, y'(1)-y(1)=1$. В условиях этого примера $k(t) \equiv 1, q(t) \equiv -81, f(t) \equiv 0, \alpha_0=1, \alpha_1=1, \beta_0=1, \beta_1=1$. При численном расчете с шагом $N=100$, по вышеуказанному алгоритму, абсолютная величина наибольшей погрешности равна $\delta=0.085$. А при расчете с шагом $N=100$, та же самая погрешность равна $\delta=0.021$.

6. Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1) - (3) в случае, когда $q(t)$ является знакопеременной функцией.

Так как, в рамках данного алгоритма происходит перенос краевых условия в выбранные узловые точки внутри рассматриваемого отрезка, то на любой из узловых точек $t_k \in [0, 1]$ могут быть реализованы следующие возможные сценарий:

1) $a_{k-1} \geq 0, q(t) \geq 0$. В этом случае, может быть применен алгоритм, указанный в пункте (3). А также применимы формулы классической прогонки.

2) $a_{k-1} \leq 0, q(t) \geq 0$. Тогда, если $|a_{k-1}| \leq \sqrt{q_k}$, то начиная с шага k счет ведется слева направо по формулам (11), но если $|a_{k-1}| > \sqrt{q_k}$, то по формулам (10). В рамках вышеуказанных условий, как следует из дифференциального аналога этих формул (формулы (14), (19)) происходит резкий монотонный рост значений a_n и b_n , и в результате за «малое» количество шагов они становятся положительными. И значит, для формул (10) - (11), условие устойчивости нарушается только на «малом» количестве шагов, что не влияет на результаты конечного счета. Обратный счет по этим формулам осуществляется, как указано в пункте (4).

3) $a_{k-1} < 0, q(t) \leq 0$. Расчет происходит по алгоритму, изложенному в пункте (4).

4) $a_{k-1} > 0, q(t) \leq 0$. Расчет происходит по алгоритму, изложенному в пункте (5).

Заключение.

В данной работе предложены рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1) - (3), которые имеют более широкую область применимости, чем метод прогонки, при решении краевых задач дифференциальных уравнений второго порядка.

Формулы применимы вне зависимости от знака коэффициента $q(t)$ при решении $y(t)$. Результаты, полученные в данной статье, подтверждаются расчетными данными. Приведенный метод имеет первый порядок точности и является абсолютно устойчивым, то есть его устойчивость не зависит от величины шага h . Один из далеко идущих целей данной работы является изложение одношагового численного метода решения краевой задачи (1) - (3), при минимальных требованиях на условия гладкости коэффициентов уравнения. Поэтому акцент данной работы делается на вывод рабочих рекуррентных формул предоставляющих возможности работы с уравнениями с разрывными (т.е. кусочно-непрерывными) коэффициентами и в ряде случаев с коэффициентами, имеющими интегрируемые особенности. Возможности современных ЭВМ позволяет работать при

достаточно малых шагах h , и тем самым, методы первого порядка точности могут быть вполне пригодным рабочим инструментом, обеспечивающих необходимую точность для численного решения большинства практических задач. Например, в гидродинамике с успехом используется разности «против потока», имеющий первый порядок точности. Повышение порядка точности метода предполагает существование более ограничительных условий на коэффициенты исходной краевой задачи. Если все же возникает необходимость повышения точности решения, то может быть использован метод Рунге повышения точности или другие общеизвестные методы.

Изложенный алгоритм может иметь хорошие перспективы для распараллеливания счета. Есть возможность обобщить идеи метода, изложенного в настоящей работе на другие типы краевых условий, а также для краевых задач для дифференциальных уравнений более высоких порядков. После небольшой модификаций, представленный здесь метод может быть использован и для численного решения линейных уравнений частных производных. Ради справедливости хотелось бы отметить, что первоначальная идея вышеизложенного метода принадлежит Отелбаеву М.О. [7] и получила развитие в работах [8] - [9].

Недостатки и преимущества излагаемого здесь метода, могут быть выяснены на основе практики применения этого метода специалистами по вычислительной математике.

Литература

1. Бабенко К.И. Основы численного анализа. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.
2. Бахвалов Н.С. Численные методы. – М.: Наука, 1973. – 654 с.
3. Амосов А.А., Дубинский Ю.А., Копченова Н.В. Вычислительные методы для инженеров. – М.: «Высшая школа», 1994.
4. Ильин В.П., Кузнецов Ю.И. Трехдиагональные матрицы и их приложения. – М.: Наука, 1985.
5. Калиткин Н.Н., Альшина Е.А. Численные методы. Книга 1. Численный анализ. – М.: Издательский центр «Академия», 2013. – 304 с. (Университетский учебник. Серия Прикладная математика и информатика).
6. Вычислительные методы решения прикладных граничных задач: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 296 с.
7. Утемаганбетов З.С., Отелбаев М.О. О численном методе решения краевых задач для дифференциальных уравнений второго порядка. / В кн.: Актуальные вопросы математики и методики преподавания математики. (часть II). – Алматы, 1995.
8. Utemaganbetov Z.C. Alternative and Expanded Version of the Sweep Method for the Numerical Solution of the First Boundary Value Problem for Second-Order Linear Differential Equations. Life Science Journal 2013;10 (12s), pp 603-611.
9. Utemaganbetov Z.C., Diyarova L.D., Nigmatova G.N. Alternative and Expanded Version of the Sweep Method for the Numerical Solution of the Second and Third Boundary Value Problem for Second-Order Linear Differential Equations. Life Science Journal 2014.

References

1. Babenko K.I. Fundamentals of Numerical Analysis. – Moscow-Izhevsk: Research Center "Regular and Chaotic Dynamics", 2002.
2. Bakhvalov N.S. Numerical methods. – Moscow: Nauka, 1973. – 654 p.
3. Amosov A.A., Dubinsky Yu.A., Kopchenova N.V. Computational methods for engineers. – M.: "High school", 1994.

4. Ilyin VP, Kuznetsov Yu.I. Tridiagonal matrices and their applications. – M.: Nauka, 1985.
5. Kalitkin N.N., Alshina E.A. Numerical methods. Book 1. Numerical Analysis. – M.: Publishing Center "Academy", 2013. – 304 p. (University textbook. Series Applied Mathematics and Informatics).
6. Computational methods for solving applied boundary value problems: Per. from English. – M.: Mir, 1982. – 296 p.
7. Utemaganbetov Z.S., Otelbaev M.O. On a numerical method for solving boundary value problems for second-order differential equations. / In the book: Topical issues of mathematics and methods of teaching mathematics. (part II). – Almaty, 1995.
8. Utemaganbetov Z.C. Alternative and Expanded Version of the Sweep Method for the Numerical Solution of the First Boundary Value Problem for Second-Order Linear Differential Equations. Life Science Journal 2013; 10 (12s), pp 603-611.
9. Utemaganbetov Z.C., Diyarova L.D., Nigmatova G.N. Alternative and Expanded Version of the Sweep Method for the Numerical Solution of the Second and Third Boundary Value Problem for Second-Order Linear Differential Equations. Life Science Journal 2014.

УТЕМАГАНБЕТОВ З.С. – ф.-м.ғ.к., доцент (Ақтау қ., Yessenov University)
НИГМЕТОВА Г.Н. – ф.-м.ғ.к., доцент (Ақтау қ., Yessenov University)
УРБИСИНОВА Б.Т. – аға оқытушы (Ақтау қ., Yessenov University)
ТУКИБАЕВА М.А. – т.ғ.к., қауым. профессор (Алматы қ., Шет тілдер және іскерлік карьера университеті)

ЕКІНШІ РЕТТІ СЫЗЫҚТЫҚ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ҮШІН АРАЛАС ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТІ САНДЫҚ ШЕШУДІҢ ШЕКТІ ЖАҒДАЙЛАРЫН БЕРУ ӘДІСІ (ТОМАС АЛГОРИТМІ)

Аңдатпа

Бекітілген шектік жағдайлары бар екінші ретті сызықтық дифференциалдық теңдеулерді сандық шешу үшін қуалау әдісіне балама болып табылатын жаңа алгоритм ұсынылды. Алгоритм белгілі қуалау әдісіне қарағанда кеңірек қолдану аймағына ие және теңдеудің коэффициенттері оң және теріс болуына байланыссыз жұмыс істейді. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты екінші ретті дифференциалдық теңдеулердің шектік есебін сандық шешу үшін қуалау формулаларына ұқсас рекуренттік формулаларын алу болып табылады. Ең бастысы, теңдеудегі шешім коэффициенті теріс белгіге ие болған кезде немесе ауыспалы болып табылатын формулалардың болуы туралы мәселе. Жұмыста ұсынылған рекуренттік формулалар арқылы берілген айырымдық сұлбаларының үйлесімділігі мен есептеу тұрақтылығы көрсетілген. Мақаладағы алынған нәтижелер есептік деректермен расталады.

Түйінді сөздер: қуалау әдісі, аралас шекаралық есептер, үшдиагоналды матрица, есептеу қателігі, шекаралық шарттар, шекті айырым әдісі, тораптық нүктелер, бірсарынды емес қуалау әдісі.

UTEMAGANBETOV Z.S. – c.ph-m.s., assoc. professor (Aktau, Yessenov University)
NIGMETOVA G.N. – c.ph-m.s., assoc. professor (Aktau, Yessenov University)
URBISINOVA B.T. – senior lecturer (Aktau, Yessenov University)
TUKIBAYEVA M.A. – c.t.s., assoc. professor (Almaty, University of foreign languages and professional career)

BOUNDARY CONDITION TRANSFER METHOD (THOMAS ALGORITHM) NUMERICAL SOLUTION OF A MIXED BOUNDARY VALUE PROBLEM FOR SECOND-ORDER LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS

Abstract

A new algorithm is proposed, which is an alternative to the run-through method for the numerical solution of second-order linear differential equations with fixed boundary conditions. The algorithm has a wider scope of applicability than the well-known run-through method and works for both positive and negative coefficients of the equation. The main purpose of this work is to obtain recurrent formulas similar to the run-through formulas for the numerical solution of the boundary value problem of second-order differential equations. The most important question is whether there are run-through formulas when the coefficient in the solution in the equation has a negative sign or is alternating. The paper shows the consistency and computational stability of the difference schemes represented by the proposed recurrent formulas. The results obtained in this article are confirmed by the calculated data.

Keywords: sweep method, mixed boundary value problems, tridiagonal matrix, computational error, border conditions, finite difference method, nodal points, non-monotonic sweep method.

УДК 656.25

УМБЕТОВ У. – д.т.н., профессор (г. Туркестан, Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави)

ШИНЫКУЛОВА А.Б. – докторант PhD (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

КОНСТРУКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА С УЧЕТОМ ПАНДЕМИИ COVID-19

Аннотация

Проблема устойчивого туризма теоретически рассматривается в этой статье с использованием минимальной модели с тремя переменными состояниями: туристы, окружающая среда и капитал. Несмотря на упрощение, это статья представляет ценность по трем причинам. Во-первых, он вводит подход минимальных описательных моделей в контексте туризма, в котором традиционно доминировало использование подробных имитационных моделей. Во-вторых, довольно интересны конкретные результаты. Фактически мы показали, что устойчивый туризм может быть достигнут при условии, что агенты осмотрительно реинвестируют свою прибыль и склонны защищать окружающую среду. Мы также видели, что устойчивость очень часто находится под угрозой, потому что случайные потрясения могут легко вызвать переключение с прибыльного и совместимого поведения на убыточное или несовместимое. Более того, адаптация устойчивой политики также возможна, но очень труднодостижима на практике, и может в лучшем случае отсрочить наступление катастрофы, но не избежать ее, если конкуренция между туристическими объектами будет продолжать расти. Наконец, третья причина не относится строго к проблеме туризма, а скорее к общей теме устойчивости. Здесь мы основываем концепции

прибыльности, совместимости и устойчивости, которые становятся все более и более распространенными в области управления ресурсами, на структурных свойствах аттракторов динамической системы.

Ключевые слова: устойчивый туризм, теоретическая модель развития туризма, модель динамического равновесия, динамическая модель.

Введение.

В настоящее время туризм является одной из наиболее интенсивно развивающихся и доходных отраслей мировой экономики, выступает в числе важнейших факторов социально-культурного развития, повышения уровня и качества жизни населения. Широта выполняемых функций туризма позволяет использовать его в качестве действенного инструмента стимулирования социально-экономического роста на региональном и национальном уровнях. Функции туризма проявляются, прежде всего, на территориях конкретных регионов, а возможности его развития определяются природно-ресурсными условиями регионов. Поэтому использование туризма как инструмента социально-экономического развития особенно актуально на региональном уровне. Обеспечение возрастающего воздействия туризма на социально-экономические условия функционирования региона требует решения ряда конкретных задач, среди которых первоочередными являются: оценка ресурсной обеспеченности и туристских возможностей региона, определение направлений развития ресурсной базы для достижения желаемого социально-экономического результата [1].

Методика исследований. Как известно, до появления COVID-19 путешествия и туризм считался одним из важнейших секторов мировой экономики, на которые приходилось 10 процентов мирового ВВП и более 320 миллионов рабочих мест во всем мире. Если в 1950 году, на заре эры реактивных двигателей, всего 25 миллионов человек совершили поездки за границу, то к 2019 году это число достигло 1,5 миллиарда, а сектор путешествий и туризма вырос до очень больших размеров. Наряду с развитием туризма, природные катаклизмы проявляет свои корректировки на социально-экономические развития мировой экономики в виде глобальных эпидемий. Глобальная пандемия поставила под угрозу 100 миллионов рабочих мест, многие из которых на микро-, малых и средних предприятиях, на которых занята 54 процента женщин. Поэтому страны, зависящие от туризма, вероятно, будут ощущать негативные последствия кризиса гораздо дольше, чем другие страны. Контактно-интенсивные услуги, имеющие ключевое значение для туристического и туристического секторов, непропорционально сильно пострадали от пандемии и будут продолжать бороться, пока люди снова не почувствуют себя в безопасности для массовых путешествий.

Поэтому для дальнейшего развития нашей социально-экономической ситуации в контексте пандемии нам необходимо проанализировать проблему привлечения туристов не только на экономической и социальной основе, но и на научной основе. Исходя из этих соображений следует, что для повышения привлекательности гостепримечательных местностей, целесообразно перерассмотреть известных математических моделей по привлечению туристов, с учетом адаптацией к условиям пандемии.

Основные результаты исследований.

Как нам известно, в настоящее время к числу моделей, посвященных рассмотрению вопросов устойчивого развития туристских территорий, можно отнести следующие:

- модель устойчивого туризма польского ученого Лешека Бутовски [2];
- теоретическую модель развития туризма Р. Касагранди и С. Ринальди [3];
- динамическую модель устойчивого развития туризма Р. Джонстона и Т. Тиррела

[4];

- модель динамического равновесия региональной туристской экономики М.М. Бегеуловой [1].

Рассмотрим более подробно модель Р. Касагранди и С. Ринальди. Объединив основные экологические и социальные факторы, авторы модели описывают взаимодействие между тремя переменными:

- количеством туристов, которые находятся в границах туристской территории в рассматриваемый момент времени;
- качеством природных ресурсов окружающей среды;
- суммой средств, направленных на создание инфраструктуры туристских средств размещения и развлечений.

Согласно данной модели, изменение показателя количества туристов прямо пропорционально показателю относительной привлекательности туристской территории, которая в свою очередь представляет из себя разность между абсолютным значением привлекательности рассматриваемой туристской территории и ожидаемым значением привлекательности территории региона в целом. При этом показатель ожидаемого значения привлекательности территории региона в целом может быть использован как мера сравнения всех альтернативных туристских территорий в его составе.

Авторы также выделяют показатель абсолютного значения привлекательности, который представляет собой алгебраическую сумму трех величин привлекательности:

1. качества окружающей среды;
2. инфраструктуры;
3. связанной с наполненностью конкретной территории туристами.

Кроме того, ими проведен ее детальный анализ и получены теоретические результаты, основанные на общепринятых взглядах и наблюдениях. Тем не менее, три основные переменные, по мнению самих авторов, не могут охватить все социальные, культурные и политические аспекты, вовлеченные в туристскую динамику.

В настоящей работе нами анализирована абстрактная модель Р. Касагранди и С. Ринальди с учетом региональных особенностей г.Туркестан Республики Казахстан. Сначала приведем математическую модель Р. Касагранди и С. Ринальди.

Множество математических моделей привлечения и развития туристов как основа развития индустрии туризма представляют собой абстрактные модели функций многих переменных, включающих в себе функций трех переменных (компонентов) реального измерения: количество туристов $T(t)$, присутствующих в регионе в момент времени t , качество окружающей среды $E(t)$, а также вложенный капитал $C(t)$, направленный на организацию и развитие туристической деятельности региона. При этом вложенный капитал $C(t)$, относится к материальным активам, и его не следует путать с потоком услуг, предоставляемых туристам. Хотя выбор этих трех переменных довольно очевиден, их описание с использованием одной переменной определенно создает некоторые трудности. Если переписать это предложение на языке туризма – описание одной переменной туристов с разными доходом, стилем жизни, социально-культурным происхождением или инфраструктурой, варьирующейся от отелей до парков, от спортивных сооружений до транспортных систем. То же самое имеет место и для качества окружающей среды $E(t)$: качество воздуха, качество воды, биоразнообразие, сохранение дикой природы, ландшафта и т.д. Но этот процесс объединения факторов необходим, чтобы поддерживать достаточное низкое количество переменных и параметров, чтобы получить работоспособную модель.

Представим, что туристы получают информацию о привлекательности региона посещения через электронные сайты. Эти посещения влияют на решения потенциальных новых посетителей [5]. Измеряя A в подходящих единицах, запишем скорость изменения количество туристов в данном регионе:

$$\dot{T}(t) = \frac{T(t)}{dt} = T(t) \cdot A(T(t)E(t)C(t)).$$

Конечно, A должна быть с относительной привлекательностью, а именно, разницей между абсолютной привлекательности \bar{a} конкретного сайта (для которого доступна информация о $T(t), E(t)$ и $C(t)$) и эталонным значением a , которого можно рассматривать как ожидаемая привлекательность универсального сайта (т.е. среднее значение привлекательности всех потенциальных туристических объектов). Таким образом

$$A(T(t)E(t)C(t)) = \bar{a}(T(t)E(t)C(t)) - a,$$

как ожидаемая привлекательность универсального сайта (т.е. среднее значение привлекательности всех потенциальных туристических объектов). Таким образом

$$A(T, E, C) = \bar{a}(T, E, C) - a,$$

где a зависит от ряда факторов, в том числе от стоимости альтернативных сайтов. В абстрактном смысле a – это мера конкуренции со стороны альтернативных туристических объектов на исследуемом участке. Привлекательность \bar{a} , воспринимаемая туристами, зависит от культуры туристов и, в частности, от их чувствительности к качеству окружающей среды и их способности обнаруживать ее. Это алгебраическая сумма трех членов, потому что туристы могут быть чувствительны к качеству окружающей среды, наличию удобств и загруженности дорог. Привлекательность окружающей среды может быть моделирована как возрастающая и насыщающая функция $E(t)$. В дальнейшем она будет описана как функция Монода.

$$\mu_E = \frac{E}{E + \varphi_E},$$

где μ_E – привлекательность, связанная с высоким качеством окружающей среды, а $E \rightarrow \infty, \varphi_E$ – константа половинной насыщенности, а именно качество окружающей среды, при котором удовлетворенность туристов составляет половину максимума. Таким образом, туристы, для которых характерны низкие значения E , удовлетворены низким качеством окружающей среды, потому что они неспособны воспринимать качество окружающей среды. Например, турист, который не может понять, загрязнена река или нет, будет ассоциировать постоянную привлекательность μ_E с рекой независимо от качества воды, потому что

$$\lim_{\varphi_E \rightarrow 0} \mu_E \frac{E}{E + \varphi_E} = \mu_E.$$

Второй компонент привлекательности, а именно тот, который связан с инфраструктурой, также может быть смоделирован с помощью функции Моно расчетных доступных объектов на душу населения

$$\frac{C}{T+1}, \quad (1)$$

т.е.

$$\mu_c \frac{\frac{C}{T+1}}{\frac{C}{T+1} + \varphi_c} = \mu_E \frac{C}{C + \varphi_c T + \varphi_c}.$$

Следует обратить внимание на тот факт, что привлекательность, связанная с природной средой, является функцией $E(t)$, а не $\frac{E}{T+1}$, что предписывается теорией общественных благ и непотребительского использования [6]. Напротив, объекты используются туристами, и, следовательно, привлекательность, связанная с ними, является функцией уравнения (1) и выше.

Наконец, если мы предположим, что скопление пропорционально T и что привлекательность линейно уменьшается с затором, мы получим следующую формулу для \bar{a}

$$\bar{a} = \mu_E \frac{E}{E + \varphi_E} = \mu_c \frac{C}{C + \varphi_c T + \varphi_c} - \alpha T,$$

где пять параметров $(\mu_E, E, \mu_c, C, \alpha)$ определяют культуру туристского населения. Стоит отметить, что абсолютная привлекательность \bar{a} места, не используемого туризмом ($C = T = 0$), положительна и может быть выше эталонной привлекательности a . Это означает, что относительная привлекательность A может быть положительной, даже если $C = T = 0$. Это объясняет начальную фазу хорошо известного явления, которое Батлер назвал «циклом эволюции туристической зоны» [7].

Качество окружающей среды $E(t)$ в отсутствие туристов и капитала описывается классическим логистическим уравнением

$$\dot{E}(t) = rE(t) \left(1 - \frac{E(t)}{K} \right),$$

где чистый темп роста r и пропускная способность K зависят от всех видов деятельности, кроме связанных с индустрией туризма. Другими словами, K – это не качество окружающей среды в нереалистичном (т.е. нетронутым) состоянии, а, скорее, качество окружающей среды при наличии, в равновесии, всех видов гражданской и промышленной деятельности (кроме туризма), который характеризуют сайт изучения. Если туристы и объекты негативно влияют на окружающую среду, полная динамика $E(t)$:

$$\dot{E}(t) = rE(t) \left(1 - \frac{E(t)}{K} \right) - D(T(t), C(t), E(t)),$$

где $D(T(t), C(t), E(t))$ представляет собой поток убытков, нанесенных туризмом. В целом этот поток положительно коррелирует с туристами и капиталом. Более того, ущерб больше, когда окружающая среда ранее не использовалась. Простейшая функциональная форма, соответствующая этим свойствам, описываются следующим соотношением:

$$D = E(\beta C + \gamma T), \quad (2)$$

где два параметра β и γ положительны. Например, отопление гостиницы, которое влияет на загрязнение воздуха, имеет первый компонент, который в основном не зависит от количества туристов (обогрев холла, кафетерий, туалетов и т.д.), а второй компонент пропорционален количеству туристов, количеству посетителей (обогрев занимаемых гостевых комнат). Это полностью согласуется с формулой (2). То же самое относится и ко многим другим туристическим объектам, таким как подъемники и дискотеки (шумовое загрязнение). Транспортные перевозки (загрязнение воздуха), сооружения для искусственного водоема (загрязнение воды) и т.д. В редких случаях β и γ могут быть отрицательными; например, когда большие усилия по рекультивации связаны с развитием туризма. Как следствие уравнение (2), если T и C оставались постоянными, окружающая среда все равно описывалась бы логистическим уравнением:

$$\dot{E}(t) = r^* E(t) \left(1 - \frac{E(t)}{K^*} \right),$$

с

$$r^* = r \left(1 - \frac{\beta C + \gamma T}{r} \right),$$

и

$$K^* = K \left(1 - \frac{\beta C + \gamma T}{r} \right).$$

Другими словами, если β и γ положительны, туристическая деятельность (T и C) снижает пропускную способность и чистый темп роста окружающей среды в той же пропорции.

Наконец, скорость изменения капитала – эта разница между инвестиционным потоком I и амортизационным потоком, который пропорционален C , т. е.

$$\dot{C}(t) = I(T(t), C(t), E(t)) - \delta C(t).$$

Параметр δ должен быть очень маленьким, потому что деградация туристических структур происходит очень медленно. Тот факт, что постоянные времена социально-экономического компонента больше, чем постоянные времена экологического компонента, подчеркивался в [8]. В нашем моделировании δ на порядок меньше, чем r , чистая скорость роста окружающей среды. Функция I может быть определена по-разному для интерпретации различных инвестиционных политик. В самом деле, на функцию можно было наложить специальные ограничения, чтобы избежать вырожденной

динамики, как это было сделано в [9], за исследование по контролю загрязнения. В качестве альтернативы структура функции $l(T, C, E)$ может быть получена с использованием аргументов оптимизации, как в [10,11]. Здесь мы предположим, что инвестиции составляют фиксированную долю от общих доходов, генерируемых туристической деятельностью, и что такие доходы пропорциональны количеству туристов, т.е.

$$l(T, C, E) = \varepsilon T.$$

Таким образом, параметр ε , или инвестиционная ставка, увеличивается вместе с местными ценами.

В заключение наша минимальная модель оказывается

$$\frac{dT(t)}{dt} = T(t) \left[\mu_E \frac{E(t)}{E(t) + \varphi_E} + \mu_C \frac{C(t)}{C(t) + \varphi_C T(t) + \varphi_C} - \alpha T(t) - a \right], \quad (3)$$

$$\frac{dE(t)}{dt} = E(t) \left[rE(t) \left(1 - \frac{E(t)}{k} \right) - \beta C(t) + \gamma T(t) \right], \quad (4)$$

$$\frac{dC(t)}{dt} = -\delta C(t) + \varepsilon T(t). \quad (5)$$

Модель имеет двенадцать параметров, из которых уровень инвестиций ε – это тот, который местным агентам и лицам, принимающим решения, легче всего контролировать. Контроль цен также возможен в некоторых случаях, но влияет на два параметра, а именно ε и a . Рекультивация окружающей среды приводит к более низким значениям параметра β и (или) γ , которые в крайних случаях могут стать отрицательными, в то время как усиление конкуренции со стороны альтернативных туристических объектов можно рассматривать как увеличение a .

Таким образом, модель Касагранди и Ринальди [3] представляет из себя динамическую систему из трех нелинейных уравнений

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = T \left(\frac{\mu_E E}{E + \varphi_E} + \mu_C \frac{C / (T + 1)}{C / (T + 1) + \varphi_C} - \alpha T - a \right), \\ \frac{dE}{dt} = rE \left(1 - \frac{E}{k} \right) - E(\beta C + \gamma T), \\ \frac{dC}{dt} = -\delta C + \varepsilon T, \end{cases}$$

где $\mu_E, \varphi_E, \mu_C, \varphi_C, \alpha$ – параметры, связанные с туристским потоком, r, k, β, γ – параметры, связанные с качеством окружающей среды, δ – параметр, связанный с амортизацией туристической инфраструктуры. Высокую значимость имеет параметр a , представляющий собой опорное значение привлекательности, и параметр ε ,

характеризующий инвестиционную политику, оба параметра рассматриваются как бифуркационные.

Мы приводим результаты численного решение этой нелинейной системы уравнений и графики решений для трех различных значений параметра δ (дельта). Все остальные параметры равны 1, начальное условие $T(0) = E(0) = C(0) = 1$, отрезок времени $[0,1]$.

Таблица 1 – Численные значения функций $T(t), E(t), C(t)$ для для различных значений δ ($\delta = 0, \delta = 0.5, \delta = 1$)

delta = 0.0				delta = 0.5				delta = 1			
t	T(t)	E(t)	C(t)	t	T(t)	E(t)	C(t)	t	T(t)	E(t)	C(t)
0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
0,068129207	0,925671	0,876699	1,065541	0,068129	0,925445	0,877712	1,030927	0,068129	0,92522	0,878704	0,997459
0,168129207	0,832455	0,733043	1,153307	0,168129	0,831304	0,738196	1,066155	0,168129	0,830172	0,743104	0,985862
0,268129207	0,754012	0,62089	1,232523	0,268129	0,751546	0,632034	1,091219	0,268129	0,749138	0,642418	0,967028
0,368129207	0,687023	0,531042	1,30449	0,368129	0,68307	0,549156	1,107857	0,368129	0,679236	0,565738	0,942833
0,468129207	0,629111	0,457604	1,370229	0,468129	0,623632	0,483137	1,117465	0,468129	0,618342	0,506203	0,914738
0,568129207	0,578526	0,396618	1,430556	0,568129	0,571556	0,429692	1,12118	0,568129	0,564853	0,459298	0,883891
0,668129207	0,533953	0,345329	1,486134	0,668129	0,525566	0,385854	1,119943	0,668129	0,51753	0,421942	0,851197
0,768129207	0,494381	0,301753	1,537513	0,768129	0,484671	0,349505	1,114538	0,768129	0,475401	0,39197	0,817369
0,868129207	0,459023	0,264422	1,585151	0,868129	0,448088	0,319096	1,105626	0,868129	0,437688	0,367822	0,782969
0,968129207	0,427253	0,232226	1,629437	0,968129	0,415188	0,293469	1,093765	0,968129	0,403765	0,348352	0,748443
1	0,417797	0,222899	1,642902	1	0,405391	0,286157	1,089445	1	0,393664	0,342983	0,737471

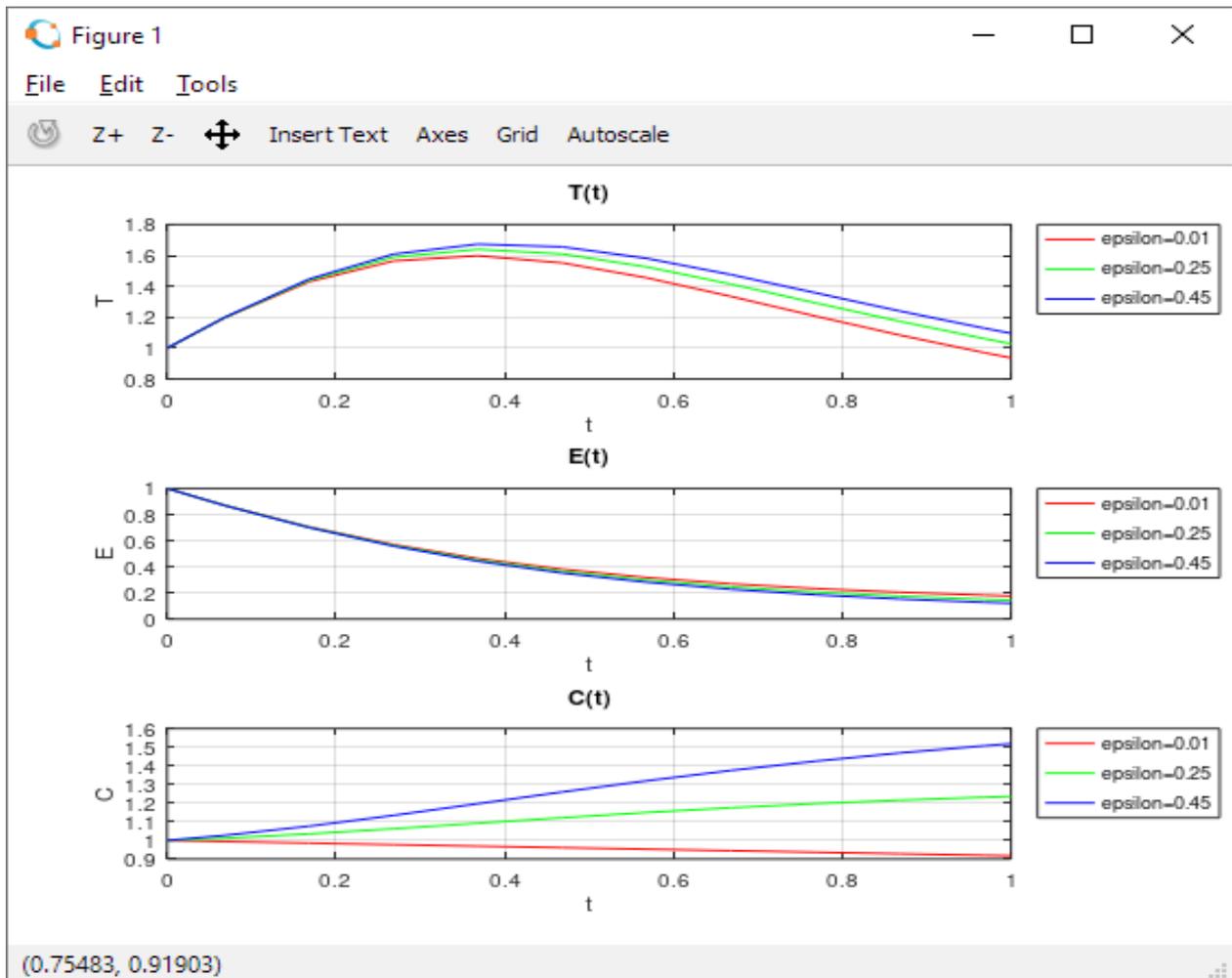


Рисунок 1. $r=K=\alpha=\beta=\gamma=\varphi_c=1, \delta=0.1, \varphi_E=0.5, a=6, \mu_E=\mu_C=10$

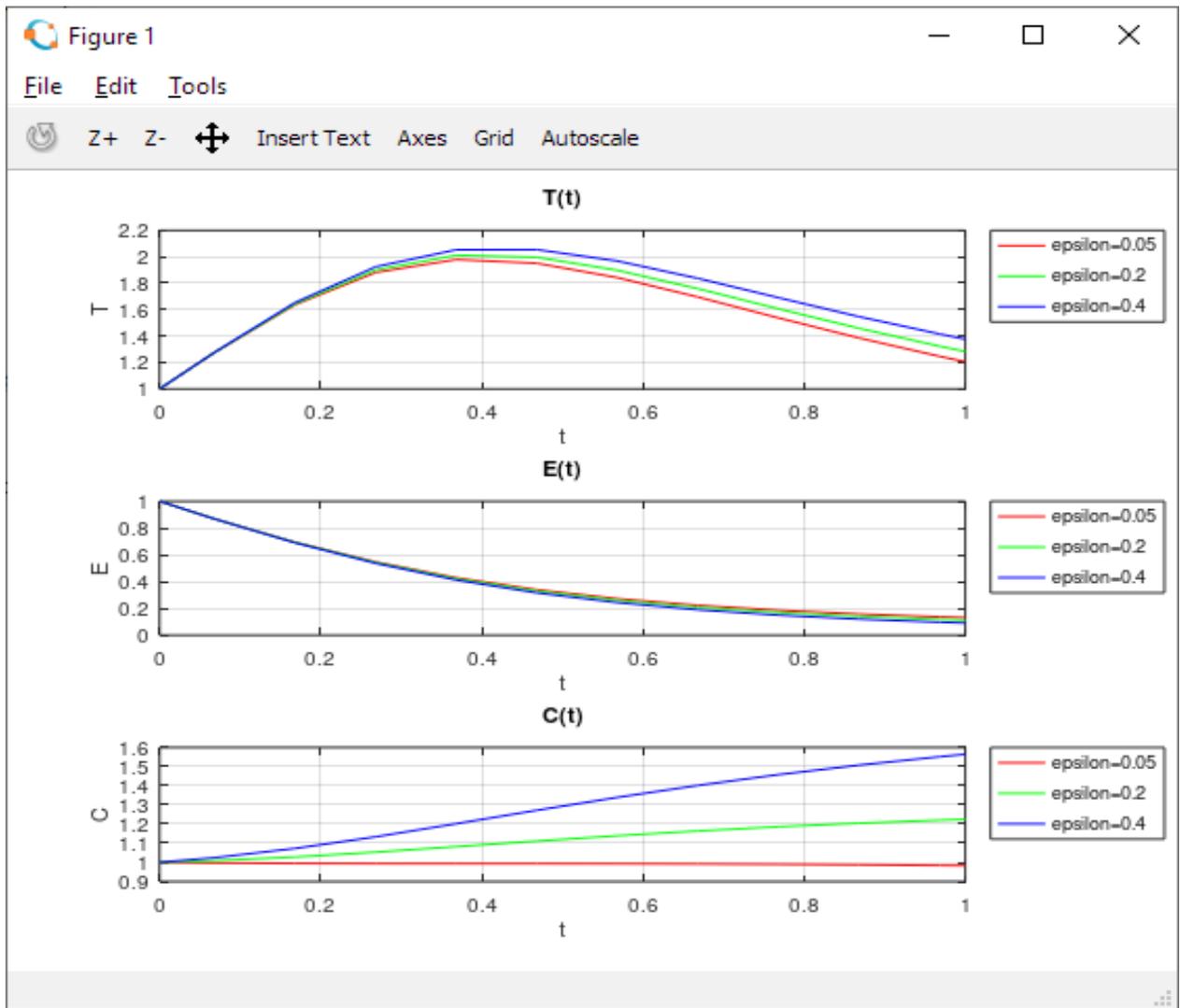


Рисунок 2. $r=K=\alpha=\beta=\gamma=\varphi_c=1, \delta=0.1, \varphi_E=0.5, a=5, \mu_E=\mu_C=10$

Таблица 2 – Численные значения функций $T(t), E(t), C(t)$ для для различных значений δ ($\delta=0, \delta=0.5, \delta=1$)

t	T(t)	E(t)	C(t)
0	1	1	1
0,068129207	1,19640743	0,870776103	0,993957057
0,168129207	1,429251734	0,706152225	0,985380545
0,268129207	1,564321835	0,571081845	0,97707404
0,368129207	1,598081399	0,463961228	0,968933102
0,468129207	1,551936404	0,381150668	0,960864587
0,568129207	1,4554392	0,317992656	0,952802932
0,668129207	1,334512823	0,269953607	0,944711461
0,768129207	1,207211279	0,233229214	0,936575837
0,868129207	1,084172677	0,204879456	0,928395996
0,968129207	0,97068629	0,182729186	0,920179606
0,268129207	1,564321835	0,571081845	0,97707404
1	0,936906556	0,176702826	0,917555053

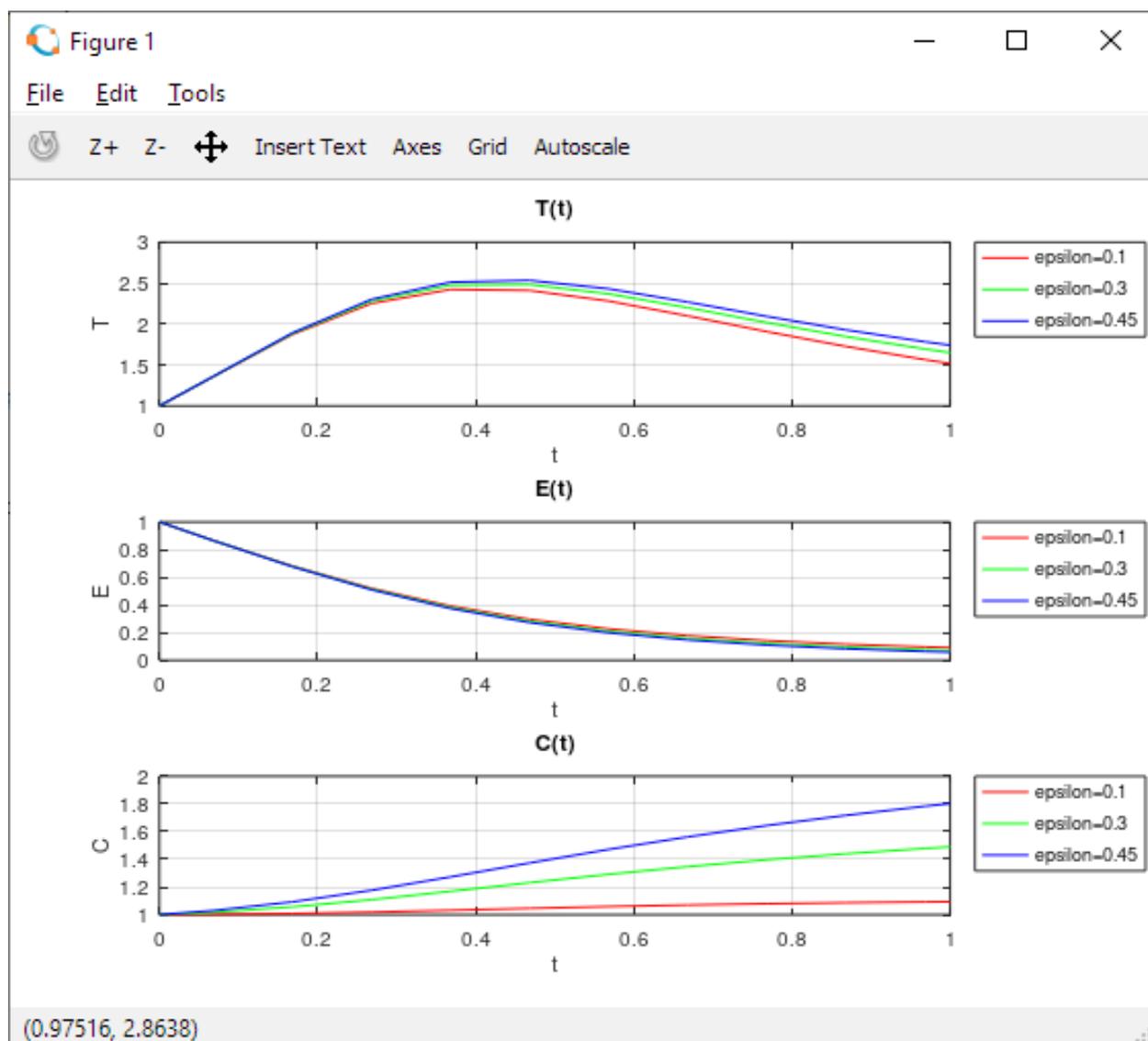


Рисунок 3. $r=K=\alpha=\beta=\gamma=\varphi_c=1$, $\delta=0.1$, $\varphi_E=0.5$, $a=4$, $\mu_E=\mu_C=10$

Литература

1. Бегеулова М.М. Моделирование и оптимизация развития регионального туристского рынка: дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13. – Кисловодск, 2010. – 122 с.
2. Бутовски Л. Устойчивый туризм – модельный подход, видение глобальной индустрии туризма – создание и поддержание конкурентоспособных стратегий. – 2012. Электронный источник: <http://www.intechopen.com/books/visions-for-global-tourism-industry-creating-and-sustaining-competitive-strategies/sustainable-tourism-a-model-approach>.
3. Касагранди Р., Ринальди С. Теоретический подход к устойчивости туризма // Природоохранная экология. – 2002. – № 6 (1). Электронный источник: http://home.deib.polimi.it/rinaldi.ENS/fr_5.a.pdf.
4. Джонстон Р.Дж., Тайрелл Т.Дж. Динамическая модель устойчивого туризма // Journal of Travel Research. – 2005. – № 44 (2). – С. 124-134.
5. Морли К.Л., 1998. Динамическая модель международного спроса. Annals of Tourism Research 25: 70-84.
6. Herfindahl O.C. and Kneese A.V., 1974. Экономическая теория природных ресурсов. Merrill Publishing Company, Колумбус, Огайо, США.

7. Батлер Р.В., 1980. Концепция цикла эволюции туристической зоны: значение для управления ресурсами. *Canadian Geographer* 24: 5-12.
8. Карпенгер С.Р., Людвиг Д., Брок У.А., 1999. Управление необратимыми изменениями эвтрофикации. *Экологические приложения* 9: 751-771.
9. Ринальди С., Сандерсон У.С. и Граньяни А., 1996. Политика контроля за загрязнением и динамика природных ресурсов: теоретический анализ. *Journal of Environmental Management* 48: 357-373.
10. Гатто М., Гецци Л. и Ринальди С., 1991. Оптимальные инвестиции в рекультивацию эвтрофных водоемов. *Журнал теории оптимизации и приложений* 71: 389-398.
11. Шах А., 1995. Экономика национальных парков третьего мира. Эдвард Элгар Пабблишинг, Олдершот, Великобритания.

References

1. Begeulova M.M. Modeling and optimization of the development of the regional tourist market: dis. ... Cand. econom. Sciences: 08.00.13. – Kislovodsk, 2010. – 122 p.
2. Butowski L. Sustainable Tourism – A Model Approach, Visions for Global Tourism Industry – Creating and Sustaining Competitive Strategies. – 2012. Electronic source: <http://www.intechopen.com/books/visions-for-global-tourism-industry-creating-and-sustaining-competitive-strategies/sustainabl-tourism-a-model-approach>.
3. Casagrandi R., Rinaldi S. A theoretical approach to tourism sustainability // *Conservation Ecology*. – 2002. – No 6(1). Electronic source: http://home.deib.polimi.it/rinaldi.ENS/fr_5.a.pdf.
4. Johnston R.J., Tyrell T.J. A dynamic model of sustainable tourism // *Journal of Travel Research*. – 2005. – No. 44(2). – P. 124-134.
5. Morley C.L., 1998. A dynamic international demand model. *Annals of Tourism Research* 25:70-84.
6. Herfindahl O.C. and Kneese A.V., 1974. *Economic Theory of Natural Resources*. Merrill Publishing Company, Columbus, Ohio, USA.
7. Butler R.W., 1980. The concept of a tourist area cycle of evolution: implications for management of resources. *Canadian Geographer* 24:5-12.
8. Carpenter S. R., Ludwig D. and Brock W.A., 1999. Management of eutrophication irreversible change. *Ecological Applications* 9: 751-771.
9. Rinaldi S., Sanderson W.C. and Gragnani A., 1996. Pollution control policies and natural resources dynamics: a theoretical analysis. *Journal of Environmental Management* 48:357-373.
10. Gatto M., Ghezzi L. and Rinaldi S., 1991. Optimal investment in the reclamation of eutrophic water bodies. *Journal of Optimization Theory and Applications* 71: 389-398.
11. Shah A., 1995. *The Economics of Third World National Parks*. Edward Elgar Publishing, Aldershot, UK.

ҮМБЕТОВ У. – т.ғ.д., профессор (Түркістан қ., Қожа Ахмет Ясауи ат. Халықаралық қазақ-түрік университеті)

ШИНЬКУЛОВА А.Б. – PhD докторанты (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

**COVID-19 ПАНДЕМИЯСЫНДА ТУРИЗМНІҢ ДАМУЫ МЕН ТЕОРИЯЛЫҚ
МОДЕЛЬДІҢ КОНСТРУКТИВТІ ТАЛДАУЫН ЕСЕПКЕ АЛУ**

Андатпа

Тұрақты туризм осы мақалада үш мемлекеттік айнымалысы бар минималды модельді қолдану арқылы теориялық түрде талқыланады: туристер, қоршаған орта және капитал. Бұл мақала жеңілдетілгенімен, үш себеп бойынша құнды. Біріншіден, ол дәстүрлі түрде егжей-тегжейлі имитациялық модельдерді қолданумен басым болған туризм контекстінде минималды сипаттамалық модель тәсілін енгізеді. Екіншіден, нақты нәтижелер өте қызықты. Шындығында, агенттер өз пайдасын сақтықпен қайта инвестициялаған және қоршаған ортаны қорғауға міндеттеме алған жағдайда тұрақты туризмге қол жеткізуге болатынын көрсеттік. Біз сондай-ақ тұрақтылық жиі тәуекелге ұшырайтынын көрдік, себебі кездейсоқ соққылар пайдалы және үйлесімді мінез-құлықтан жоғалатын немесе үйлеспейтін мінез - құлыққа оңай ауысуы мүмкін. Сонымен қатар, тұрақты саясатты бейімдеу де мүмкін, бірақ іс жүзінде қол жеткізу өте қиын және ең жақсы жағдайда апаттың басталуын кешіктіруі мүмкін, бірақ егер туристік орындар арасындағы бәсекелестік күшейе берсе, одан аулақ бола алмайды. Ақырында, үшінші себеп туризммен қатаң байланысты емес, керісінше тұрақтылықтың жалпы тақырыбымен байланысты. Бұл жерде біз ресурстарды басқару саласында жиі кездесетін рентабельділік, үйлесімділік және тұрақтылық ұғымдарын динамикалық жүйедегі тартқыштардың құрылымдық қасиеттеріне негіздейміз.

Түйін сөздер: тұрақты туризм, туризмді дамытудың теориялық моделі, динамикалық тепе - теңдік моделі, динамикалық модель.

UMBETOV U. – d.t.s., professor (Turkestan, International Kazakh-Turkish university named after Khoja Ahmed Yasawi)

SHYNYKULOVA A.B. – PhD student (Almaty, Kazakh university ways of communications)

CONSTRUCTIVE ANALYSIS OF THE THEORETICAL MODEL DEVELOPMENT OF TOURISM TAKING INTO ACCOUNT THE COVID-19 PANDEMIC

Abstract

Sustainable tourism is discussed theoretically in this article using a minimal model with three state variables: tourists, environment, and capital. Although simplified, this article is valuable for three reasons. First, it introduces a minimal descriptive model approach in the tourism context, which has traditionally been dominated by the use of detailed simulation models. Secondly, the concrete results are quite interesting. In fact, we have shown that sustainable tourism can be achieved provided that agents prudently reinvest their profits and are committed to protecting the environment. We have also seen that resilience is very often at risk because random shocks can easily trigger a switch from profitable and compatible behavior to loss-making or incompatible behavior. Moreover, adapting sustainable policies is also possible, but very difficult to achieve in practice, and may at best delay the onset of a disaster, but not avoid it if competition among tourist sites continues to grow. Finally, the third reason is not strictly related to tourism, but rather to the general theme of sustainability. Here we base the concepts of profitability, compatibility and sustainability, which are becoming more and more common in the field of resource management, on the structural properties of attractors in a dynamic system

Keywords: sustainable tourism, theoretical model of tourism development, dynamic equilibrium model, dynamic model.

КАСПАКБАЕВ К.С. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

СЕРИККУЛОВА А.Т. – к.т.н., ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

КУРМАНГАЛИЕВ К.Ш. – ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ЖАРКИНБЕКОВА С.Ч. – ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ СКОРОСТЯХ ДВИЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ

Аннотация

Изложены основные причины и факторы, создающие аварийные ситуации при эксплуатации тягового подвижного состава. Рассмотрены устройства безопасности, применяемые на локомотивах, и технологии обслуживания и ремонта. Особое внимание уделено устройству сбора и регистрации параметров движения локомотива. Более подробно рассмотрены перспективные устройства, применяемые на локомотивах.

По этим причинам особое значение приобрели задачи профессионального отбора для выполнения работы в крайне напряженных условиях труда и создания автоматизированной системы для постоянного контроля психоэмоционального состояния машиниста.

Необходимо реализовать систему контроля за психофизиологическим состоянием машиниста для регистрации, как концентрации внимания, так и состояния психоэмоционального напряжения. Это позволит повысить не только безопасность движения, но и более четко контролировать состояние здоровья машиниста, что в конечном итоге повысит продолжительность его жизни.

Ключевые слова: локомотив, безопасность движения, приборы безопасности, автомашинист, скорость движения, машинист поезда, поезд.

Безопасность движения на транспорте является основным фактором, обеспечивающим эффективность работы перевозочного процесса. Любая авария или крушение на транспорте приводит к большим материальным и техническим потерям. Пропадают грузы и техника, разрушается путь и контактная сеть, прекращается движение всех поездов на участке. Все это приводит к большим экономическим затратам, а иногда и к людским потерям.

Проблемы безопасности движения возникли одновременно с появлением первых транспортных средств. Для их решения сегодня требуется более высокий уровень организаторской работы и современных технических средств. Изучение накопленного опыта и многих факторов, связанных с безопасностью движения на железнодорожном транспорте, позволит четко сформулировать понятия – организации безопасности движения и ее обеспечения.

Организация безопасности движения – это комплекс профилактических и технологических мер, проводимых лицами, ответственными за безопасную технологию перевозочного процесса.

Обеспечение безопасности – это строгое выполнение каждым непосредственным участником перевозочного процесса должностных обязанностей, правил, инструкций, технологических процессов и содержание технических средств транспорта в постоянной исправности. На железных дорогах повсеместно внедрен комплексный метод организации обеспечения безопасности движения. Его суть заключается в практическом выполнении

основных положений, гарантирующих строгое соблюдение каждым участником перевозочного процесса правил технической эксплуатации, инструкций по сигнализации, движению поездов и маневровой работы на железных дорогах.

Для обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте внедряются самые разнообразные технические средства, которые контролируют и дублируют действия машиниста или предупреждают машиниста о возникновении аварийных ситуаций.

Движение с высокими скоростями невозможно без автоматизированного процесса управления поездами, как по условиям безопасности, так и по условиям нагрузки машиниста, возрастающей по мере роста скоростей. Снизить эту нагрузку можно за счет выполнения ряда операций по управлению локомотивом автоматическими устройствами, которые получили название автомашинист. Применение автомашиниста позволит более точно соблюдать график, в результате чего появится возможность сокращения интервала между поездами и улучшится использование пропускной способности. Выбор автоматикой правильных режимов ведения поезда приводит к экономии электроэнергии. В основном управление движением высокоскоростного поезда будет осуществляться в режиме автоведения, однако в любой момент будет сохраняться возможность перехода на ручное управление.

Одними из задач, стоящих перед железнодорожным транспортом являются: обеспечение безопасности жизни пассажиров и сохранность перевозимых грузов. С повышением скорости движения поездов, риски, связанные с безопасностью, возрастают. Современные локомотивы оборудованы приборами контроля скорости, в том числе: КЛУБ, САУТ, УБКМ, АЛСН.

С введением, в перспективе, в эксплуатацию высокоскоростных поездов на первый план выходят психологические особенности, связанные с вождением поезда.

Внедрение и использование высокоскоростного движения показатель технического развития отрасли в любой стране. В Казахстане, в недалеком будущем, планируется внедрить высокоскоростное движение на участке Алматы – Астана (Нур-Султан).

Без высокоскоростного сообщения, железную дорогу нельзя назвать современной, а также технологичной. Развитие высокоскоростного движения требует квалифицированных кадров, в том числе машинистов.

Тщательный профотбор, и обучение в специализированном центре подготовки персонала по обслуживанию высокоскоростных поездов способствует увеличению заинтересованности работодателя в сохранении здоровья и высокого уровня работоспособности машинистов для обеспечения безопасности движения.

В процессе трудовой деятельности на машиниста в условиях высокоскоростного движения воздействует масса вредных факторов (шум, вибрация, нерациональная освещенность рабочего места в темное время суток, электромагнитное излучение и статическое электричество и т.д.). Особое место занимает неблагоприятное воздействие на организм машинистов группы психофизиологических факторов: нервно-психические перегрузки с умственным перенапряжением на фоне монотонного труда с периодическими эмоциональными стрессами, перегрузка анализаторов (слухового, зрительного, тактильного). Неблагоприятные психофизиологические факторы усугубляют негативное действие на организм других факторов.

Нервно-эмоциональное напряжение связано, прежде всего, с повышенной бдительностью при вождении поездов и строгого соблюдения графика движения, с личным риском и высокой степенью персональной ответственности за безаварийное движение.

Кроме того, напряженность труда локомотивных бригад во многом определяется постоянной и повышенной степенью готовности к принятию необходимых мер в экстренных случаях.

Известно, что во время длительных рейсов, особенно ночных, у машиниста локомотива существует реальная опасность снижения уровня бодрствования. Сказывается монотонность условий деятельности при постоянном напряжении внимания, однообразии (малоподвижность) рабочей позы, усыпляющая низкочастотная равномерная вибрация и другие факторы.

Особое значение приобрели задачи профессионального отбора для выполнения работы в крайней напряженных условиях труда и создания автоматизированной системы для постоянного контроля психоэмоционального состояния машиниста.

Необходимо реализовать систему контроля над психофизиологическим состоянием машиниста для регистраций, как концентраций внимания, так и состояния психоэмоционального напряжения. Это позволит повысить не только безопасность движения, но и более четко контролировать состояние здоровья машиниста, что в конечном итоге повысит продолжительность его жизни.

Для целей профессионального отбора существующие в настоящее время методы обследования целесообразно дополнить исследованием реакций на изменение цвета и звуковые сигналы, а также реакций на дифференцировку звуковых и световых сигналов с помощью хронорефлексометра. Данный метод испытания позволит осуществить профессиональный отбор лиц с устойчивыми высокими показателями функций центральной нервной системы, слухового и зрительного анализаторов, резистентных к психоэмоциональному напряжению.

Приборы безопасности на локомотиве.

Комплекс аппаратуры САУТ обеспечивает ограничение скорости движения поезда в зависимости от показания локомотивного светофора, расстояния до конца блок-участка, допустимых скоростей движения и приведенного (среднего) уклона. Информация о блок-участке или маршруте приема на станцию передается на локомотив путевыми устройствами или берется из локомотивной базы данных. Скорость ограничивается путем автоматического отключения тяги и включения тормозов поезда в режиме служебного торможения.

Информация, передаваемая аппаратурой САУТ машинисту.

Пульт машиниста ПМ индицирует следующие измеряемые и вычисляемые аппаратурой САУТ величины:

- фактическая скорость движения;
- программная (допустимая) скорость движения;
- «резерв скорости» – разница между программной и фактической скоростями (отображается аппаратурой САУТ-МП вместо фактической и программной скоростей);
- расстояние до следующего напольного светофора;
- значение тормозного коэффициента (отображается при нажатии и удержании кнопки на пульте машиниста);
- индикатор «Запрещение отпуска». При свечении индикатора отпуск тормозов машинистом запрещен.

Управление тормозами поезда.

Пневматическое торможение производится разрядкой уравнительного резервуара через приставку электропневматическую. Приставка электропневматическая содержит два клапана – тормозной (ТК) и отпускной (ОК). В режиме торможения снимается напряжение с этих клапанов, отпускной клапан перекрывает канал питания уравнительного резервуара сжатым воздухом, а через тормозной клапан производится разрядка уравнительного резервуара на величину $(0,07 \pm 0,02)$ МПа для грузового поезда и на величину $(0,05 \pm 0,03)$ МПа – для пассажирского.

После достижения необходимой величины разрядки на тормозной клапан подается напряжение – производится перекрыша. Если величина замедления поезда будет недостаточной, то аппаратура САУТ может производить дополнительную разрядку ступенями 0,04 – 0,05 МПа.

Отпуск тормозов производится машинистом. Аппаратура САУТ определяет момент отпуска по появлению сверхзарядного давления и подает напряжение на отпускной клапан.

Электропневматическое торможение производится путем подачи напряжения на реле отпуска (РО) и реле торможения (РТ). При достижении давления в тормозных цилиндрах ($0,15 \pm 0,1$) МПа снимается напряжение с реле торможения – производится перекрыша. Отпуск тормозов производится автоматически снятием напряжения с реле отпуска.

В 1994 году было разработано комплексное локомотивное устройство безопасности КЛУБ, а в 1998 году – КЛУБ-У. Это устройство позволяет контролировать как действия машиниста, так и параметры локомотива. К тому же КЛУБ-У позволяет расширить информационные каналы о состоянии поездной ситуации. Кроме информации, получаемой от устройств АЛСН, КЛУБ-У позволяет получать информацию по радиоканалу и по спутниковой навигационной системе. Системы КЛУБ нашли применение на электровозах, тепловозах, электропоездах, автомотрисах и путевых машинах.

Статистика и анализ аварий и проездов запрещающих сигналов показывает, что более половины их являются следствием снижения бдительности и уровня бодрствования локомотивной бригады.

Это и дремотное состояние в пути следования, и сон, неверные операции или ошибочные действия. Машинист, управляя локомотивом, получает информацию как от подвижного состава, так и от внешней среды: о состоянии пути, показания светофоров, о состоянии контактной сети и ситуации на переездах. Такая информация чаще всего непредсказуема и меняется независимо от машиниста. Поэтому он должен постоянно быть в готовности к экстренным действиям в ответ на изменения внешней обстановки.

В деятельности машиниста можно выделить два наиболее опасных состояния: психологическая перегрузка и недогруженность полезной информацией о предстоящей работе. С одной стороны, первое состояние возникает из-за избытка информации и необходимости выбора правильного решения с одновременным выполнением операций управления. Для решения этой проблемы применяются автоматизация процессов управления и контроля, удобная компоновка пультов управления с учетом требований эргономики, рациональный режим труда и отдыха локомотивных бригад.

С другой стороны, автоматизация управления увеличивает продолжительность пребывания машиниста в состоянии оперативного покоя, т.е. машинист недогружен полезной информацией о предстоящей работе. В поездных условиях это представляет серьезную опасность, которая возрастает с ростом скоростей. Появляются монотонные покачивания кабины локомотива, усиливается «эффект мелькания», что способствует переходу из состояния оперативного покоя в гипнотическое. При этом разрывается связь между восприятием сигналов и их логическим осмыслением.

Такое гипнотическое состояние переходит в сон и опасность его возникновения у машинистов очевидна. Однако для его преодоления необходимы специальные устройства, которые не должны отрицательно влиять на психофизическое состояние машиниста. В психологии такое состояние называют монотонией.

В рабочих условиях принято различать два вида монотонии:

- 1) Развивающаяся в результате многократного повторения одних и тех же движений и поступления в одни и те же нервные центры большого количества одинаковых сигналов.
- 2) Вызываемая ограниченным числом и однообразием поступающих сигналов, когда

приходится действовать в условиях одной и той же мало изменяющейся информации: например, управлением локомотивом в условиях однообразной местности, в ожидании появления важного информационного сигнала.

Оба вида монотонии, хотя и отличаются по своей природе, переносятся примерно одинаково.

Состояние монотонии сопровождается и изменениями в различных сферах:

- физиологической – в организме возникают сдвиги, типичные для состояния утомления;
- психической – рассеивается внимание, затрудняется мышление, возникает нервозность;
- поведенческой – снижается точность и скорость выполнения действий, увеличивается число ошибок.

Замечено, что состояние монотонии имеет волновой характер – оно то усиливается, то ослабевает.

Причем с изменением характера труда и возникновением при этом новых задач состояние монотонии быстро проходит, даже в состоянии бодрствования человек нуждается в притоке новой информации. Длительная работа при монотонном звучании механизмов развивает торможение в центральной нервной системе, что вызывает сонливость. Поэтому на транспорте разработаны такие технические устройства, которые противодействуют дремоте и сну в локомотиве. Они оказывают большую помощь в предупреждении чрезвычайно опасного нарушения, которым является проезд запрещающего показания светофора.

Особенностью труда машинистов является отсутствие определенного ритма в работе: начало и окончание смены в разные часы, отсутствие во время работы регламентированного перерыва для отдыха и приема пищи.

Во время управления поездом машинист одновременно наблюдает за многими объектами: профилем и состоянием железнодорожного пути, путевой сигнализацией, посторонними предметами, которые угрожают безопасности движения. Кроме того, он следит за показаниями контрольно-измерительных приборов в кабине, напряжением в контактной сети, локомотивной сигнализацией. Во время движения поезда с повышенной скоростью, машинист должен в кратчайшее время не только воспринять определенный сигнал, но и правильно осмыслить его, принять и реализовать соответствующее решение в виде необходимого двигательного акта. Чем выше скорость, тем короче промежуток времени для реализации указанного цикла, т.е. необходимо решить задание с повышенной ответственностью в условиях не только дефицита времени, но и информации.

Работа, связанная с обеспечением безопасности движения, требует от машиниста постоянного внимания. Во время краткосрочных остановок (на 10-20 мин) машинист практически не отдыхает, поскольку все время занят выполнением различных обязанностей и подготовкой поезда к движению.

Во время движения машинист постоянно получает информацию с пути, т.е. ведет постоянное наблюдение за неподвижными объектами (светофорами, семафорами, переездами, станционными сигналами, предупредительными щитами, обозначениями допустимой скорости, профилем железнодорожного пути), а также за движением подвижных объектов (пешеходами, транспортом, животными).

Другой вид информации – это сигнал про работу агрегатов и узлов локомотива. Эти сигналы машинист получает путем наблюдения за показанием приборов и слуховых восприятий о работе машин и механизмов.

Основная нагрузка переработки информации приходится на зрительный анализатор (около 90%). Машинист должен иметь хорошую зрительную память, правильно определять расстояние (для определения тормозного пути), а также выработать навыки быстрого установления причин технических неполадок и быстрого определения метода их

устранения. Наряду с этим, информация поступает в звуковой (речь, шум) и вибрационной (от работающих агрегатов, движения локомотива) форме. Возникает напряжение, связанное с тонким зрительным различием (цветоразделение, различие объектов железнодорожного пути и др.)

Деятельность машиниста сопровождается постоянным и значительным нервно-психическим напряжением, обусловленным личной ответственностью за жизнь пассажиров и материальные ценности, за опасность проезда запрещающих сигналов, обеспечение движения соответственно графику. Машинист должен быть готов в любой момент отреагировать на сигналы, которые внезапно появляются.

Универсальная система автоведения магистральных тепловозов УСАВП-Т.

Система УСАВП-Т предназначена для автоматизированного управления режимом тяги и всеми видами торможения магистральных тепловозов. Система обеспечивает автоматизированное ведение магистрального тепловоза на основе выбора энергетически рационального по расходу топлива режима ведения поезда, с точным соблюдением времени хода.

Основные составляющие экономического эффекта:

- сокращение расхода дизельного топлива тепловозами на 8%;
- экономия годовых эксплуатационных расходов за счет повышения надежности работы силового оборудования путем допускового контроля основных параметров дизель-генераторной установки ДГУ;
- снижение эксплуатационных расходов на ремонт тепловозов за счет своевременного проведения технического обслуживания по результатам анализа параметров, зарегистрированных системой, расшифрованных и полученных в АРМ;
- экономия годовых эксплуатационных расходов за счет снижения резерва локомотивных бригад, обусловленная снижением уровня психофизиологической нагрузки и затрат по листам нетрудоспособности локомотивных бригад;
- повышение безопасности движения поездов;
- создание условий для организации обслуживания локомотива в одно лицо.

Система обеспечивает:

- расчет рационального по расходу топлива режима ведения поезда, исходя из предусмотренного графиком движения и заданного машинистом режима исполнения расписания;
- определение фактической скорости движения;
- расчет времени, оставшегося до контрольной станции;
- сравнение фактической скорости движения с расчетной и определение необходимой скорости движения поезда для выполнения расчетного времени хода, в том числе на участках приближения к светофору с сигналом, требующим снижения скорости и при подъезде к местам ограничения скорости;
- взаимодействие с системой безопасности КЛУБ-У;
- выбор тяговой позиции тепловоза в зависимости от расчетной величины скорости;
- расчет координат пути и местоположения поезда;
- запись на сменный картридж параметров движения и управления, как при автоматизированном, так и при ручном режимах управления тепловозом;
- разгон поезда до расчетной скорости;
- поддержание движения с расчетной скоростью;
- остановку поезда с применением служебного торможения при запрещающих показаниях локомотивного светофора, а также проследование поезда со скоростью, установленной для данного места или сигнала;

- обработку сигнала боксования колесных пар локомотива, снижая тягу при боксовании с одновременной импульсной подачей песка и восстанавливая позицию тяги после прекращения боксования;
- передачу на сервер, посредством канала GSM, диагностической и теплотехнической информации;
- функцию самодиагностики.

Система информирует машиниста о следующих параметрах:

- значения расчетной скорости с точностью ± 1 км/ч;
- значения фактической скорости поезда с точностью ± 1 км/ч;
- времени прибытия на ближайшую зонную станцию с точностью ± 10 с;
- оставшемся расстоянии до контрольной станции с точностью 100 м (1 пикет);
- значения скорости и координаты начала ближайшего временного ограничения скорости с точностью индикации 100 м;
- позиции контроллера машиниста в режиме тяги или ЭДТ;
- режиме торможения (перекрыша, торможение, отпуск) с указанием вида основного тормоза (ЭПТ, ПТ, ЭДТ).

Дополнительно машинист получает следующую информацию:

- астрономическое время с дискретностью 1 с;
- координату местонахождения поезда (км, пикет);
- максимально разрешенную позицию тяги;
- номер и название перегона, на котором находится поезд;
- диаметр обода колеса (бандажа) колесной пары, на которой установлен датчик ДПС;
- отклонение от расписания;
- звуковое предупреждение о приближении к местам, требующим повышенного внимания.

УСАВП-Т позволяет кроме автоматизированного управления движением поезда производить регистрацию параметров движения и автоведения, осуществлять запись информации о режимах работы тепловоза, в том числе о расходе топлива, что дает возможность выполнять анализ состояния дизель-генераторной установки.

Литература

1. Инструкция по сигнализации на железнодорожном транспорте. Утверждена приказом МТК РК от 18.04.2011 г. №209. – Астана, 2013.
2. Бервиков В.М., Дорокин Е.Ю. Локомотивные устройства безопасности. – М., 2005. – 158 с.
3. Кудрин В.А., Прохоров А.А. Охрана здоровья работников локомотивных бригад и обеспечение безопасности движения поездов на железных дорогах. Руководство. – М., 2000. – 107 с.
4. Мудраченко С.В., Радионов А.В., Радионов Р.А. Железнодорожная безопасность. – Издательство «Ариэль», 2003.
5. Автоматизированные системы управления для железнодорожного транспорта. – М., 2009. – 49 с.
6. Абдуева Ф.М., Афанасьев М.В. и др. Железнодорожная медицина. – Харьков, 2009. – 58 с.
7. Руководство по эксплуатации системы КЛУБ-II. 36992.200.
8. Инструкция по техническому обслуживанию автоматической локомотивной сигнализации непривычного типа (АЛСН) и устройства контроля бдительности машиниста ИТ-ЦШ-857. – М.: Транспорт, 2001.
9. Венцевич Л.Е. Локомотивные скоростемеры и расшифрована скоростемерных и диаграммных лент. – М.: УМК. МПС России, 2002.

References

1. Instructions for signaling on railway transport. Approved by the Order of the Ministry of Transport of the Republic of Kazakhstan dated 18.04.2011 No. 209. – Astana, 2013.
2. Bervikov V.M., Dorokin E.Yu. Locomotive safety devices. – M., 2005. – 158 p.
3. Kudrin V.A., Prokhorov A.A. Health protection of employees of locomotive crews and ensuring the safety of train traffic on railways. Guide. – M, 2000. – 107 p.
4. Mudrachenko S.V., Radionov A.V., Radionov R.A. Railway safety. – Ariel Publishing House, 2003.
5. Automated control systems for railway transport. – M, 2009. – 49 p.
6. Abdueva F.M., Afanasyev M.V. and others. Railway medicine. – Kharkiv, 2009. – 58 p.
7. The user manual for the system CLUB II. 36992.200.
8. Manual of maintenance of automatic locomotive signaling unusual type (of ALSN) and devices of the driver vigilance it TSSH-857. – M.: Transport, 2001.
9. Ventsevich L.E. Locomotive speed gauges and deciphered speed and diagram tapes. – M.: UMK. MPS of Russia, 2002.

КАСПАКБАЕВ К.С. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

СЕРІКҚҰЛОВА А.Т. – т.ғ.к., аға оқытушы (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ҚҰРМАНҒАЛИЕВ К.Ш. – аға оқытушы (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ЖАРҚЫНБЕКОВА С.Ч. – аға оқытушы (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ЖОЛАУШЫЛАР ПОЕЗДАРЫ ҚОЗҒАЛЫСЫНЫҢ ЖОҒАРЫ ЖЫЛДАМДЫҚТАРЫ КЕЗІНДЕ ҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ

Аңдатпа

Тартқыш жылжымалы құрамды пайдалану кезінде авариялық жағдайларды тудыратын негізгі себептер мен факторлар баяндалған. Локомотивтерде қолданылатын қауіпсіздік құрылғылары және қызмет көрсету және жөндеу технологиялары қарастырылған. Локомотив қозғалысының параметрлерін жинау және тіркеу құрылғысына ерекше назар аударылды. Локомотивтерде қолданылатын перспективалық құрылғылар толығырақ қарастырылады.

Осы себептерге байланысты, өте ауыр жұмыс жағдайында жұмысты орындау және машинистің психоэмоционалды жағдайын үнемі бақылауға арналған автоматтандырылған жүйені құру үшін кәсіби таңдау міндеттері ерекше маңызды болды.

Зейіннің шоғырлануын да, психоэмоционалды кернеудің жай-күйін де тіркеу үшін машинистің психофизиологиялық жай-күйін бақылау жүйесін іске асыру қажет. Бұл қозғалыс қауіпсіздігін арттырып қана қоймай, машинистің денсаулық жағдайын нақты бақылауға мүмкіндік береді, бұл оның өмір сүру ұзақтығын арттырады.

Түйінді сөздер: *локомотив, қозғалыс қауіпсіздігі, қауіпсіздік құралдары, автомашинист, қозғалыс жылдамдығы, пойыз машинисі, пойыз.*

KASPAKBAYEV K.S. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

SERIKKULOVA A.T. – c.t.s., senior lecturer (Almaty, Kazakh university ways of communications)

KURMANGALIEV K.Sh. – senior lecturer (Almaty, Kazakh university ways of communications)

ZHARKINBEKOVA S.Ch. – senior lecturer (Almaty, Kazakh university ways of communications)

ENSURING SAFETY AT HIGH SPEEDS OF PASSENGER TRAINS

Abstract

The main causes and factors that create emergency situations during the operation of traction rolling stock are described. Safety devices used on locomotives and maintenance and repair technologies are considered. Special attention is paid to the device for collecting and registering locomotive movement parameters. Promising devices used on locomotives are considered in more detail.

For these reasons, the tasks of professional selection to perform work in extremely stressful working conditions and the creation of an automated system for constant monitoring of the psychoemotional state of the driver have acquired particular importance.

It is necessary to implement a system for monitoring the psychophysiological state of the driver to register both concentration of attention and the state of psycho-emotional tension. This will not only improve traffic safety, but also more accurately monitor the health of the driver, which will ultimately increase his life expectancy.

Keywords: locomotive, traffic safety, safety devices, motorist, speed of movement, train driver, train.

УДК 621.39.075

СУЛТАНГАЗИНОВ С.К. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ЕСЕНАЛИЕВА Д.А. – преподаватель (г. Алматы, Алматинский технико-экономический колледж путей сообщения)

БЕЙСЕНБЕКОВ А.Б. – инженер (г. Алматы, АО «НК «Казақстан темір жолы», Алматинская дистанция сигнализации и связи ШЧ-33)

ӨМІРҒАЗЫНОВ А.А. – преподаватель (г. Алматы, Алматинский технико-экономический колледж путей сообщения)

EBILOCK-950 И СИСТЕМА ИНТЕРВАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ (СИРДП-Е)

Аннотация

МПЦ Ebilock-950 является расширяемой электронной компьютерной системой, предназначенной для управления станциями с любыми типами путевого развития независимо от количества управляемых объектов СЦБ и используемых перегонных устройств, при обеспечении безопасности движения поездов.

Система интервального регулирования движения поездов с применением цифрового радиоканала стандарта TETRA (СИРДП-Е) производство компании Bombardier (Швеция) обладает функциональными возможностями ETCS уровня 3 и полностью адаптирована к эксплуатационным требованиям «пространства 1520». Эта система направлена на улучшение эффективности работы железнодорожного транспорта за счет повышения пропускной способности линий, сокращения эксплуатационных расходов и энергопотребления, при обеспечении требований уровня безопасности движения поездов.

Ключевые слова: МПЦ Ebilock-950, СИРДП-Е, СКЦП, балиса, БСБ, АРМ ДСП, АРМ ШН, ПЭВМ, объектный контроллер, ЦП, сигнальный контроллер, стрелочный контроллер, релейный объектный контроллер, источник питания.

МПЦ Ebilock-950 является расширяемой электронной компьютерной системой, предназначенной для управления станциями с любыми типами путевого развития независимо от количества управляемых объектов СЦБ и используемых перегонных устройств, при обеспечении безопасности движения поездов.

Система интервального регулирования движения поездов с применением цифрового радиоканала стандарта TETRA (СИРДП-Е) производство компании Bombardier (Швеция) обладает функциональными возможностями ETCS уровня 3 и полностью адаптирована к эксплуатационным требованиям «пространства 1520». Эта система направлена на улучшение эффективности работы железнодорожного транспорта за счет повышения пропускной способности линий, сокращения эксплуатационных расходов и энергопотребления, при обеспечении требований уровня безопасности движения поездов.

В МПЦ Ebilock-950 используется напольное оборудование СЦБ, кабели, шкафы для размещения процессорного оборудования и объектных контроллеров, программное обеспечение для автоматизированного рабочего места ДСП, а также реле и релейные стививы. Аппаратные средства МПЦ (центральное процессорное устройство, объектные контроллеры, концентраторы информации, персональные компьютеры для автоматизированных рабочих) применяются импортного производства.

В управление с помощью МПЦ Ebilock-950 можно включать проходные светофоры и переездную сигнализацию на перегонах. В этих случаях путевые приёмники перегонных рельсовых цепей должны располагаться на станции.

Аппаратная платформа IPU950 использует самую современную технологию, которая гарантирует, что модульная программная система, созданная из общих и централизованных данных, имеет высокую надежность [1].

Система интервального регулирования движения поездов на перегоне (СИРДП-Е).

На перегон можно отправлять два и более поездов, оборудованных системой БСБ (бортовая система безопасности). Можно отправлять и не оборудованные поезда, но только один поезд на перегон.

СКЦП – система контроля целостности поезда устанавливается на хвостовом вагоне, служит для передачи информации поезду о целостности поезда.

Балисы – реперные датчики – определяют точное местонахождение поезда, устанавливаются на перегоне и на станциях. На перегоне устанавливаются через каждый 3 км. (Может возникнуть такой вопрос – если балисы устанавливаются через каждый 3 км, то как они передают точное местонахождение поезда? Ответ: Через БСБ, например, поезд проехал одну группу балисов, БСБ начинает считать сколько метров он проехал от последней группы балисов, если поезд движется со скоростью 60 км/час, то за 1 минуту сколько проедет (1000 м) [4].

Группа балисов – состоит из двух балисов: балиса А и балиса Б служит для определения направления поезда на перегоне.

На перегоне расстояние между поездами зависит от их скорости. Чем больше скорость, тем больше расстояние между поездами. Минимальное расстояние при скорости

5 км/ч 500 м. БСБ дает ограничение поезду в случаях неисправности устройств СЦБ. Экономическая часть: балисы необслуживаемые. Здесь мало человеческого труда. Если взять старую систему, то на каждую сигнальную точку протягивать кабель, устанавливать релейные шкафы, светофоры, обслуживающий персонал и т.д. [3].

А в системе СИРДП все проще. Балисы не обслуживаемые, к балисам нет никаких соединений (кабели, шкафы и т.д.).

Технические характеристики МПЦ

1. Один комплект центральной обрабатывающей системы, состоящей из основного и резервного компьютеров (процессоров) может управлять 150 логическими объектами (фактический объект станции в программе компьютера), 1000 исполнительными объектами (стрелки, светофоры, обмотки реле, контакты реле и др.). Такое количество объектов соответствует, примерно, станции с 40-60 стрелками. При необходимости запроектировать станцию с большим количеством стрелок, система может быть расширена путём соединения нескольких центральных обрабатывающих систем между собой с помощью петли связи. При этом каждая центральная обрабатывающая система управляет частью (районом) станции, закреплённой за ней.

2. Ёмкость системы при использовании одной центральной обрабатывающей системы характеризуется следующими параметрами:

- максимальное количество петель связи – 12;
- максимальное количество концентраторов в каждой петле связи – 15;
- максимальное количество ОК на петлю связи – 32;
- максимальное количество объектных контроллеров, подключаемых к одному концентратору – 8.

3. В составе технических средств МПЦ предусмотрены аппаратные и программные средства диагностирования их технического состояния и измерения отдельных параметров устройств СЦБ. Информация о техническом состоянии выдаётся на АРМ и регистрируется в системном протоколе.

4. Электронная аппаратура МПЦ относится к восстанавливаемым изделиям, эксплуатируемым до предельного состояния. Для обеспечения заданного уровня надёжности предусматривается резервирование основных узлов системы.

5. Программное обеспечение МПЦ защищено от несанкционированного доступа.

6. Данные в устройствах системы защищены от разрушений и искажений при отказах и сбоях электропитания. При длительном отключении электропитания данные в устройствах системы сохраняются и после его включения восстанавливаются.

7. МПЦ функционально совместима с управляющими и информационными системами более высокого уровня.

8. МПЦ в сравнении с централизацией стрелок и светофоров релейного типа имеет ряд преимуществ:

- более высокий уровень надёжности, за счёт дублирования многих узлов, в том числе центрального процессора, являющегося «сердцем» централизации;
- более высокий уровень обеспечения безопасности движения поездов, за счёт непрерывного обмена информацией между центральным процессорным устройством и объектами управления и контроля (стрелки, светофоры, переезды и др.);
- расширенный набор технологических функций, включая замыкание маршрута без открытия светофора, блокировку стрелок в требуемом положении, запрещающих показаний на светофорах, изолированных участков для исключения задания маршрута и другие;
- повышенную информативность для эксплуатационного и технического персонала о состоянии устройств СЦБ на станции, с возможностью передачи этой и другой информации в региональный центр управления перевозками;

- меньшую энергоёмкость;
- возможность непрерывного архивирования действий эксплуатационного персонала по управлению объектами СЦБ и всей поездной ситуации на станции, с последующим анализом необходимых ситуаций;
- встроенный диагностический контроль состояния аппаратных средств централизации и объектов управления и контроля;
- возможность регистрации номеров поездов, следующих через станцию, и всех отказов устройств СЦБ на станции и перегоне;
- значительно меньшие габариты оборудования и, как следствие, в три - четыре раза меньший объём помещений для его размещения;
- значительно меньший объём строительно-монтажных работ;
- пониженные затраты на эксплуатационное обслуживание;
- возможность замены на станциях централизаций устаревшего типа без строительства новых постов ЭЦ [2].

Состав МПЦ Ebilock-950

МПЦ состоит из следующих основных составных частей:

- управляющая и контролирующая система (автоматизированные рабочие места дежурного по станции (АРМ ДСП), электромеханика (АРМ ШН), пункта технического обслуживания вагонов (АРМ ПТО), местного управления стрелками (АРМ МУ);
- система обработки зависимостей централизации (центральное процессорное устройство – ЦП);
- система объектных контроллеров (интерфейсные устройства к напольным объектам СЦБ) и концентраторы связи;
- управляемые и контролируемые объекты СЦБ (стрелочные электроприводы, светофоры, переезды, рельсовые цепи и др.);
- стивы с релейным оборудованием, генераторами и приемниками рельсовых цепей, трансформаторами и т.п., для увязки с напольными устройствами СЦБ.
- петли связи с концентраторами между центральным процессором и объектными контроллерами;
- устройства электропитания (первичные и вторичные источники);
- устройства защиты (заземления, разрядники, предохранители, устройства контроля сопротивления изоляции монтажа, встроенные в объектные контроллеры и индивидуальные);
- кабельные сети, состоящие из кабелей от объектных контроллеров к стрелочным электроприводам и светофорам и кабелей к рельсовым цепям, переездам и другим напольным устройствам СЦБ;
- устройства диагностики МПЦ, позволяющие локализовать отказы комплектующих элементов до отдельной печатной платы, что упрощает процесс устранения таких отказов;
- системное программное обеспечение центрального процессора, автоматизированных рабочих мест, адаптированное применительно к техническим условиям и технологии работы российских железных дорог [1].

Устройство и работа МПЦ

Управление устройствами, включенными в МПЦ, осуществляется с АРМ ДСП, устроенного на базе типовой ПЭВМ. Работа устройств МПЦ контролируется по отображению состояния объектов на мониторе АРМ ДСП. Управление объектами осуществляется дежурным по станции с помощью клавиатуры и мыши АРМ ДСП. Часть функций по управлению объектами СЦБ может быть передана оператору поста местного управления или оператору пункта технического обслуживания вагонов. Перечень передаваемых объектов определяется при разработке проектной документации. Контроль

технических параметров объектов МПЦ осуществляется с помощью АРМ ШН. Этот же АРМ позволяет анализировать протокол действий дежурного по станции и результаты работы МПЦ.

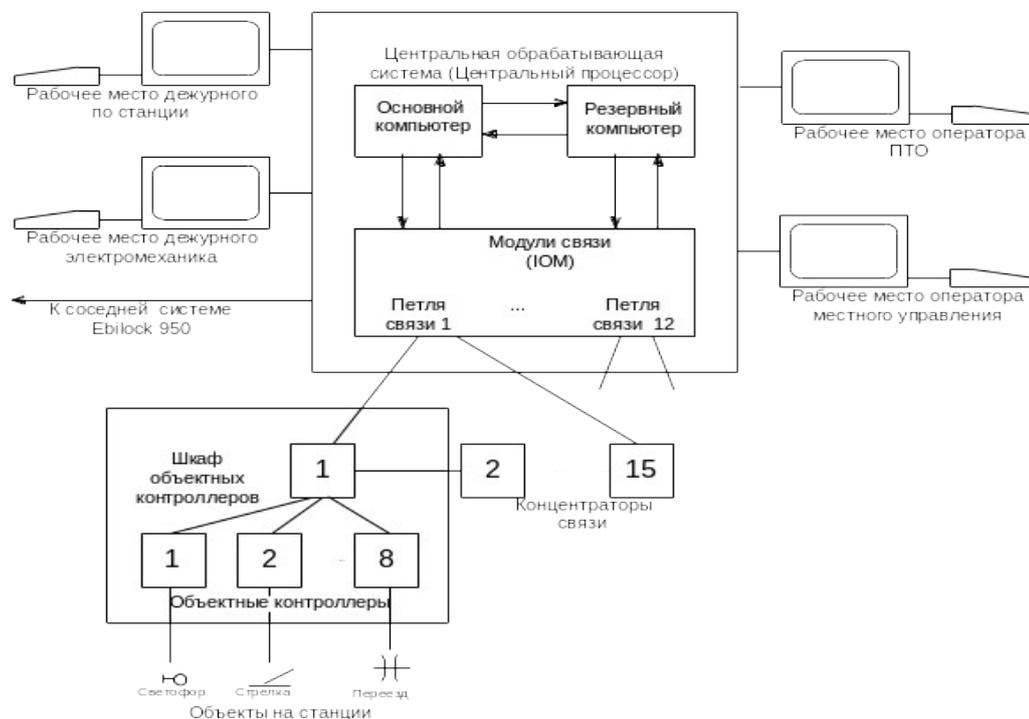


Рисунок 1 – Структурная схема МПЦ

1. Центральный процессор состоит из двух компьютеров, обеспечивающих логику действия МПЦ и условия безопасности движения поездов. Один компьютер постоянно находится в работе, второй – в горячем резерве. Так как передача информации с основного компьютера на резервный компьютер осуществляется непрерывно, включение его в работу, в случае выхода из строя основного, происходит без остановки работы МПЦ. Оба компьютера связаны через петли связи с концентраторами связи, соединёнными с объектными контроллерами. Система связи построена таким образом, что при обрыве кабеля в одном месте петля реконфигурируется, а информация продолжает поступать на каждый концентратор (с каждого концентратора) с того направления, к которому оказался подключенным этот концентратор. При переключении компьютеров происходит автоматическая перекоммутация петель связи. Главная цель центрального процессора (ЦП) состоит в обработке данных таким образом, чтобы предотвратить выполнение опасных команд от системы управления. ЦП обеспечивает:

- трансформацию команд от системы управления в приказы, которые безопасным образом передаются стрелкам, светофорам и другим устройствам;
- замыкание объектов в маршруте;
- искусственное и автоматическое размыкание маршрутов;
- другие функции централизации.

1.1 Релейная аппаратура размещается на типовых стативах в релейном помещении поста МПЦ, в горловинах – в модулях контейнерного типа. Релейная часть оборудования – это увязки с автоблокировкой по каждому пути прилегающих перегонов, рельсовые цепи, кодирование, увязки с другими устройствами и системами.

1.2 В МПЦ с децентрализованным размещением оборудования модули объектных контроллеров (МОК) устанавливаются в горловинах станции в местах, наиболее приближенных к напольным объектам. В МОК располагаются концентраторы связи, объектные контроллеры, релейная часть аппаратуры рельсовых цепей, кодирования, обдувки стрелок, увязки с переездами и другими устройствами и системами, а также устройства электроснабжения.

1.3 Система объектных контроллеров является частью системы МПЦ. Система осуществляет взаимодействие между компьютерной частью централизации с релейными устройствами и напольным оборудованием.

Объектные контроллеры ОК делятся на следующие типы:

- сигнальный,
- стрелочный,
- релейный для включения ответственных функций,
- релейный для включения неотчетственных функций.

Объектные контроллеры МПЦ позволяют использовать отечественные рельсовые цепи, светофоры, электроприводы, другие напольные устройства СЦБ и реле и дают возможность осуществлять увязки со всеми существующими системами автоблокировки, переездной сигнализации, кодирования рельсовых цепей, САУТ, очисткой стрелок и другими системами [1].

Объектные контроллеры и концентраторы связи комплектуются из плат, перечень которых приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень плат

Наименование платы	Номер платы
CCM	3NSS001014-01
LMP	3NSS001016-01
MOT	3NSS001017-01
SRC	3NSS001399-01
COM	3NSS001018-01
OCT	3NSS001021-01

Потеря связи и переход в безопасное состояние

Объектные контроллеры в зависимости от состояния, в котором они могут находиться при эксплуатации подразделяются на:

- моностабильные;
- бистабильные.

Моностабильный контроллер получает однократный приказ на установку объекта в какое-либо состояние, выполняет этот приказ и продолжает находиться в данном состоянии до получения следующего приказа. К таким ОК относится стрелочный объектный контроллер (не предпринимает никаких действий без получения соответствующего приказа).

Бистабильный контроллер в случае, если в течение некоторого времени (1500 мс для цикла 600 мс и 2400 мс для цикла 960 мс) не получает от ЦП телеграммы, разрешающие нахождение в данном состоянии, переходит в заранее определенное безопасное состояние. К таким ОК относятся сигнальные и релейные объектные контроллеры.

Для бистабильных ОК определено безопасное состояние, в которое он переходит в случае потери связи с ЦП.

Для сигнального контроллера безопасное состояние реализовано с помощью

безопасных реле, расположенных на плате LMP. В случае перехода в безопасное состояние эти реле обесточиваются, питание снимается со всех выходов разрешающих огней и подаётся на оба выхода запрещающих огней, т.е. в этом случае должны гореть запрещающие огни, (см. пункт 4.7.2). Сигнальный объектный контроллер в случае перехода в безопасное состояние перестаёт передавать телеграммы статуса фактического состояния подключённых к нему сигналов.

Для релейного контроллера в случае перехода в безопасное состояние снимается напряжение со всех выходов [1].

Перезагрузка ОК, концентратора

Обычно объектному контроллеру требуется порядка 8-ми секунд для загрузки (загрузка закончена тогда, когда зелёный светодиод «CPR» на передней панели платы ССМ начинает устойчиво светиться). Перезапуск объектного контроллера осуществляется двукратным нажатием кнопки POS, соответствующей этому объектному контроллеру, на плате ОСТ. Перезапуск концентратора осуществляется нажатием красной кнопки RST, либо двукратным нажатием чёрной кнопки 24V на передней панели платы COM. Повторный перезапуск концентратора не следует производить в течение 15 секунд после того как загорится зелёный светодиод CPR (аналогичный расположенному на плате ССМ) [1].

Сигнальный контроллер

Сигнальный контроллер состоит из платы ССМ и одной, либо двух плат LMP.

Плата ССМ содержит ПЗУ с программой работы данного контроллера.

Плата LMP (содержит выходы, к которым подключаются обмотки сигнальных трансформаторов. Для подачи напряжения с источника питания на выход платы используются семисторы (Solid State Relays (SSRs)). Плата LMP управляет лампами светофора.

Плата LMP содержит безопасные реле, которые обесточиваются в случае потери связи контроллера с ЦП или обнаружения неисправностей платы, которые могут повлиять на безопасность. В состоянии «без тока» безопасные реле коммутируют напряжение питания с входа платы LMP прямо на запрещающие выходы. Поэтому эти выходы жёстко закреплены для использования под запрещающие показания.

Сигнальный ОК может обеспечивать работу светофора в режимах «день», «ночь» и «двойное снижение напряжения». Переключение режимов «день» и «ночь» осуществляется внутри платы LMP, при получении соответствующего приказа. Переключение в режим «ДСН» осуществляется при помощи внешних реле, коммутирующих напряжение питания сигналов. Реле ДСН устанавливаются по одному на каждую обмотку источника питания PSU-61 (PSU-41), их обмотки запитываются при помощи «сухих контактов», расположенных на плате LMP. Кроме того, каждый ЦП выдаёт приказы на включение режима ДСН только по петлям связи, подключённым к нему непосредственно. Поэтому, в случае использования на станции нескольких ЦП – реле ДСН включаются исходя из их количества.

Сигнальный контроллер должен «знать», какой тип сигнала подключён к его выходам. Тип сигнала определяется индивидуализацией, настраиваемой с помощью DIP-переключателей, расположенных на задней панели полки ОК.

Стрелочный контроллер

Стрелочный объектный контроллер состоит из платы ССМ и одной либо двух плат MOT1. Каждая плата MOT1 предназначена для управления одним стрелочным приводом. В системе МПЦ Ebilock 950 применяется семипроводная схема включения стрелки, где 3 провода используются как рабочие цепи, и 4 провода – как контрольные.

Плата ССМ содержит программируемое ПЗУ, с хранящимся на ней описанием работы стрелки.

В отличие от других объектных контроллеров, в стрелочном ОК используются лишь 2 безопасных входа на плате ССМ из 4-х. Также, для подключения контактов реле в стрелочном контроллере используются безопасные входы платы MOT1 (1 вход на плату). Недействующие безопасные входы платы ССМ используются в стрелочном ОК для работы со стрелкой в режиме местного и резервного управления.

Плата MOT1 коммутирует 3-х фазное питающее напряжение $3 \times 220\text{В}$ в рабочую цепь стрелки при помощи семистора и двух безопасных реле, а также выдаёт в контрольную цепь стрелки переменное напряжение амплитудой 35В, следя за прохождением импульсов в контрольной цепи. Положение стрелки контролируется по полярности и амплитуде импульсов, проходящих в контрольной цепи. Положение стрелки принимается плюсовым, если напряжение в контрольной цепи: в жилах Л5-Л7 равно 17-27В = (+ на Л5) и Л4-Л6 равно 30-40В~, положение стрелки принимается минусовым если напряжение в контрольной цепи: в жилах Л5-Л7 равно 30-40В~ и Л4-Л6 равно 17-27В= (+ на Л6). [2]

Изменение направления вращения двигателя достигается изменением чередования фаз в рабочей цепи стрелки.

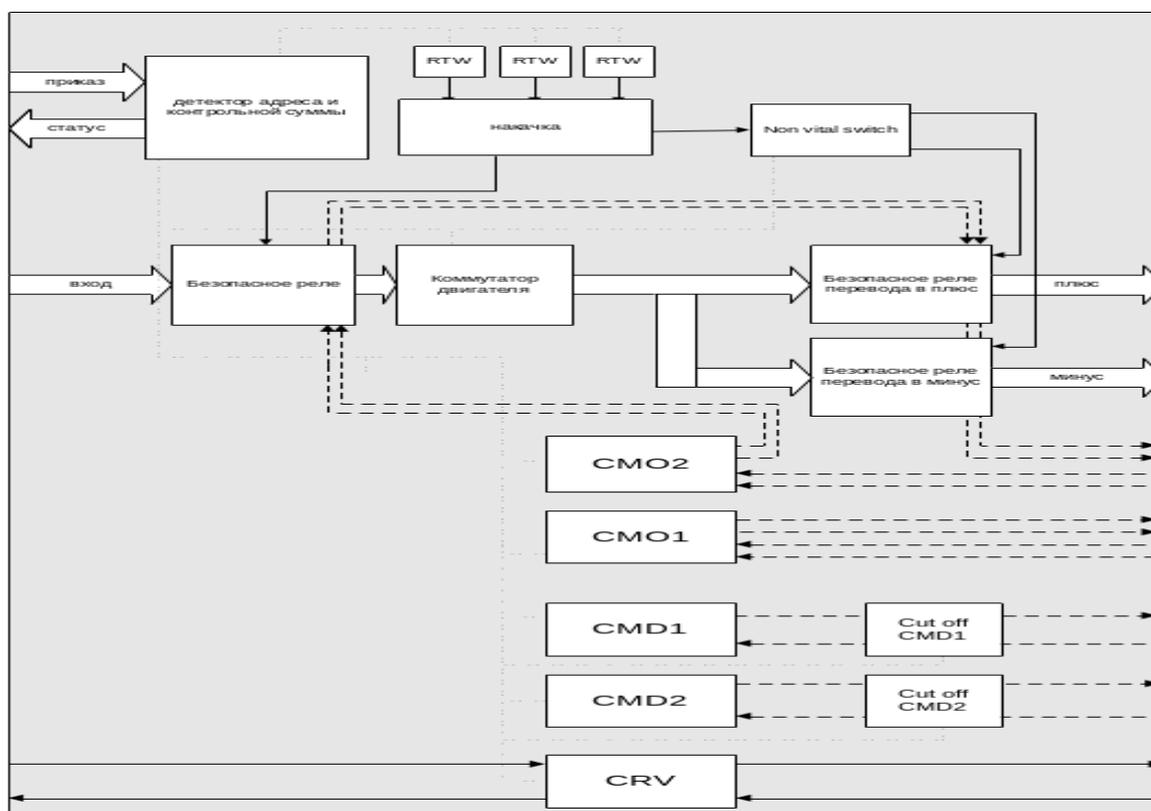


Рисунок 2 – Плата MOT

Релейный объектный контроллер

Релейный объектный контроллер состоит из платы ССМ, одной, двух или трёх плат SRC. Релейный ОК также может состоять из одной платы ССМ. К каждой плате SRC могут подключаться до 4 обмоток интерфейсных реле. На каждый выход платы SRC в случае получения соответствующего приказа выдаётся напряжение 24В постоянного тока. Релейный контроллер, состоящий из одной платы ССМ, содержит 4 безопасных входа.

Источники питания (PSU)

В системе объектных контроллеров применяются следующие типы источников питания:

- для питания рабочих цепей стрелок – PSU51;
- для питания светофоров и интерфейсных реле – PSU61, PSU41;
- для питания вентиляторных модулей и логики объектных контроллеров – PSU71.

Иногда в МПЦ Ebilock-950 источники питания PSU-71 используются для питания интерфейсных реле и для выдачи питания в линейные провода (П, М и ЛП, ЛМ).

В источниках питания PSU71 используются выходные автоматические выключатели номиналом: для питания логики ОК – 10А; для питания вентиляторных модулей – 2А. В источниках питания PSU61 и PSU41 используются выходные автоматические выключатели для питания интерфейсных реле номиналом 10А.

Техническое обслуживание МПЦ Ebilock-950

Оборудование не требует периодической настройки для поддержания работоспособности, но рекомендуется регулярно проверять его для предупреждения возможных отказов. Периодичность проведения и состав необходимых работ по обслуживанию системы указаны в нормативно-технических документах, утвержденных в установленном порядке ОАО «РЖД».

Для профилактики отказов МПЦ следует в начале рабочего дня проверить состояние МПЦ, используя для этого АРМ ШН. Порядок работы с АРМ ШН (FEU) определен в инструкции о порядке использования АРМ ШН [2].

Литература

1. Хромушкин К.Д., Ковалев И.П. Руководство по эксплуатации. Микропроцессорная централизация «Ebilock-950». – М., 2011.
2. Каменов А.И., Фурсов С.И. Микропроцессорная централизация Ebilock-950. Порядок действий в нестандартных ситуациях. – М., 2010.
3. Казаков А.А., Казаков Е.А. Системы интервального регулирования движения поездов. – М. «Транспорт», 1968.
4. Аналитический отраслевой журнал «ТРАНС-ЭКСПРЕСС ҚАЗАҚСТАН» . – 2013. – № 1 (46).
5. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб, Издательство «Профессия», 2004.
6. Грей Ф. Добыча нефти. – М, 2006. – 416 с.
7. Ивановский В.Н., Дарищев В.И., Сабиров А.А., Каштанов В.С., Пекин С.С. Скважинные насосные установки для добычи нефти. – М., 2002. – 824 с.
8. Щуров В.И. Технология и техника добычи нефти. – М.: Учебник, 2005. – 510 с.
9. Ивановский В.Н. Нефтегазопромысловое оборудование. – М.: Учебник, 2006. – 720 с.
10. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 144 с.
11. Масленко В.В. Автоматизированный электропривод. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 410 с.
12. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Теория автоматизированного электропривода. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.

References

1. Khromushkin K.D., Kovalev I.P. Operation manual. Microprocessor centralization "Ebilock-950". – М., 2011.
2. Kamenev A.I., Fursov S.I. Microprocessor centralization of Ebilock-950. Procedure of actions in non-standard situations. – М., 2010.

3. Kazakov A.A., Kazakov E.A. Systems of interval regulation of train traffic. – M. "Transport", 1968.
4. Analytical branch journal "TRANS-EXPRESS KAZAKHSTAN". – 2013. – № 1 (46).
5. Besekersky V.A., Popov E.P. Theory of automatic control systems. – St. Petersburg, Publishing House "Profession", 2004.
6. Gray F. Oil production. – M., 2006. – 416 p.
7. Ivanovsky V.N., Darishchev V.I., Sabirov A.A., Kashtanov V.S., Pekin S.S. Borehole pumping installations for oil production. – M., 2002. – 824 p.
8. Shchurov V.I. Technology and technique of oil production. – M.: Textbook, 2005. – 510 p.
9. Ivanovsky V.N. Neftegazopromyslovoe oborudovanie. – M.: Textbook, 2006. – 720 p.
10. Leznov B.S. Saving electricity in pumping installations. – M.: Energoatomizdat, 1991. – 144 p.
11. Maslenko V.V. Automated electric drive. – M.: Energoatomizdat, 1986. – 410 p.
12. Chilikin M.G., Sandler A.S. Theory of automated electric drive. – M.: Energoizdat, 1981. – 576 p.

СҮЛТАНҒАЗИНОВ С.К. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ЕСЕНАЛИЕВА Д.А. – оқытушы (Алматы қ., Алматы қатынас жолдарының техникалық-экономикалық колледжі)

БЕЙСЕНБЕКОВ А.Б. – инженер (Алматы қ., «Қазақстан темір жолы» ҰК» АҚ, Алматы сигнализация және байланыс дистанциясы ШЧ-33)

ӨМІРҒАЗЫНОВ А.А. – оқытушы (Алматы қ., Алматы қатынас жолдарының техникалық-экономикалық колледжі)

EBILOCK-950 ЖӘНЕ АРАЛЫҚ РЕТТЕУ ЖҮЙЕСІ ПОЕЗДАР ҚОЗҒАЛЫСЫ (СИРДП-Е)

Аңдатпа

Ebilock-950 КПО поездар қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ету кезінде СОБ басқарылатын объектілерінің және пайдаланылатын аралық құрылғылардың санына қарамастан жол дамуының кез келген түрлері бар станцияларды басқаруға арналған кеңейтілетін электрондық компьютерлік жүйе болып табылады.

Bombardier (Швеция) компаниясының өндірісі 3-деңгейдегі ETCS функционалдық мүмкіндіктеріне ие және «1520 кеңістігі» пайдалану талаптарына толық бейімделген. Бұл жүйе поездар қозғалысы қауіпсіздігі деңгейінің талаптарын қамтамасыз ете отырып, желілердің өткізу қабілетін арттыру, пайдалану шығыстары мен энергия тұтынуды қысқарту есебінен теміржол көлігі жұмысының тиімділігін жақсартуға бағытталған.

Түйінді сөздер: *Ebilock-950 КПО, СИРДС-Е, СКЦ, балиса, БСБ, АЖО ДСП, АЖО ШН, ПЭВМ, Объектілік контроллер, оп, сигналдық контроллер, бағыттамалық контроллер, релелік Объектілік контроллер, қуат көзі.*

SULTANGAZINOV S.K. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

YESENALIEVA D.A. – teacher (Almaty, Almaty technical-economical college of way communication)

BEISENBEKOV A.B. – engineer (Almaty, JSC "NC "Kazakhstan temir zholy", Almaty distance of signaling and communication SHCH-33)

OMIRGAZYNOV A.A. – teacher (Almaty, Almaty technical-economical college of way communication)

EBILOCK-950 AND INTERVAL CONTROL SYSTEM TRAIN MOVEMENTS (SIRDP-E)

Abstract

The Ebilock-950 MPC is an expandable electronic computer system designed to manage stations with any types of track development, regardless of the number of managed SCB facilities and the distillation devices used, while ensuring the safety of train traffic.

The system of interval control of train traffic using a digital radio channel of the TETRA standard (SIRDP-E) manufactured by Bombardier (Sweden) has the functionality of ETCS level 3 and is fully adapted to the operational requirements of the "space 1520". This system is aimed at improving the efficiency of railway transport by increasing the capacity of lines, reducing operating costs and energy consumption, while meeting the requirements of the level of train safety.

Keywords: MPC Ebilock-950, SIRDP-E, SССP, balisa, BSB, ARM chipboard, ARM SHN, PC, object controller, CPU, signal controller, switch controller, relay object controller, power supply.

УДК 621.311.22

ОРАЛБЕКОВА А.О. – PhD, асоц. профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

КОЙШИБАЕВА К.Ж. – ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский Национальный аграрный исследовательский университет)

ДАУЛЕТХАНОВА А.М. – магистрант (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

РАСЧЕТ ПРОФИЛЕЙ ЛИНЗ ФРЕНЕЛЯ И РЕЖИМА РАБОТ СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация

В данной работе рассмотрены расчеты профилей линз Френеля в монохроматическом приближении и режима работ солнечной установки и выбор количества фотоэлектрических модулей (ФЭМ).

Ключевые слова: линза Френеля, концентрирующая способность, деформация лучей, фокальное пятно, фокусное расстояние, прямая солнечная радиация, интегральный коэффициент светопропускания ЛФ, угловой радиус, максимальный угол раскрытия линзы.

Введение.

Линзы Френеля считаются наиболее перспективными для использования в

солнечных фотоэлектрических микромодулях с каскадными солнечными элементами из-за их высокой технологичности.

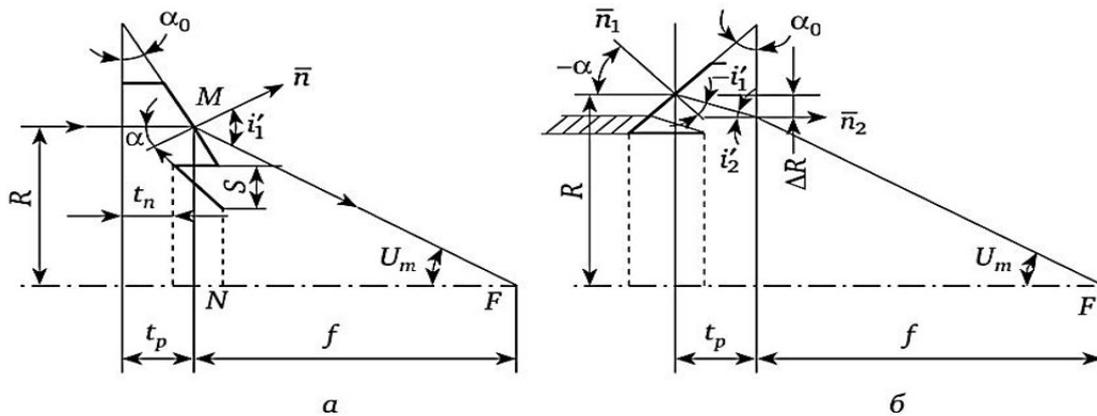
Целью данной работы является разработка методики расчета параметров солнечной ЛФ с плоским несущим основанием с учетом неточностей изготовления ее поверхностей и возможности перераспределения концентрированного потока за счет параметров поясов.

Основная часть.

Рабочий профиль современных линз Френеля (ЛФ) представляет собой набор призматических элементов, при этом преломляющие способности этих элементов подбираются в соответствии с необходимыми принципами формирования освещенности на поверхности приемника излучения.

Основными типами рабочего профиля являются круговой концентрический, который формирует световой поток в фокальном пятне, и линейный профиль, который формирует фокальную полосу.

Рассмотрим конструкцию профилей и схему светопропускания НЧ на рисунке 1. Основные элементы профиля линзы: грань рабочего профиля, определяемая углами α ; толщина несущего слоя t_n и рабочего слоя t_p ; высота рабочего профиля h ; фокусное расстояние f ; шаг рабочего профиля s .



а - солнечная радиация приходит с гладкой стороны линзы;
б - радиация с рабочей (профилированной) стороны

Рисунок 1 – Схема расчета геометрических параметров ЛФ

Расчет профиля линзы сводится к определению углов α_i и α_{max} , соответствующих текущим и максимальным значениям расстояния R_i и R_{max} , радиусов рабочего профиля от главной оптической оси при заданном фокусном расстоянии f и коэффициенте преломления материала линзы n толщинах t_n и t_p .

Для линзы (рисунок 1, а) величина α_i определяется из соотношения

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{\sin \alpha}{n} \right) + \arcsin \left(\frac{R}{n \sqrt{f^2 + R^2}} \right). \quad (1)$$

Для объектива с профилем на рисунке 1, б величина углов α определяется из выражения:

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{R \cos \alpha + f \sin \alpha}{n (f^2 + R^2)^{0,5}} \right). \quad (2)$$

При выводе формул (1) и (2) предполагается, что размер приемника излучения значительно превышает размер солнечного изображения в фокусе и значения t_H и t_P могут быть проигнорированы. Максимальные значения R_{max} и U_m для профиля на рисунке 1 задаются по следующему принципу: при увеличении R увеличивается α и R_{max} , определяется по формуле:

$$R_{max} = f \operatorname{ctg} \left(\arcsin \frac{1}{n} \right),$$

то есть полное внутреннее отражение происходит на лицах с R_{max} . Так, для линзы с $f = 320$ мм, изготовленной из органического стекла с $n=1,49$, $R_{max}=353$ мм. Естественно, что для α , близкого к углу полного внутреннего отражения, характерны большие потери, поэтому в реальных линзах самые высокие значения α должны быть меньше α_{max} .

Концентрирующая способность линз Френеля

Закономерности формирования плотности излучения в фокальном пятне линзовой системы отличаются качественно от такого процесса в отражающих системах: угловые размеры элементарного луча, падающего на линзу, не равны угловым размерам преломленного луча и зависят от дисперсии системы. Результирующая деформация лучей, преломленных призмой, оценивается интегральным коэффициентом [1]:

$$Z = \frac{\cos a \cdot \cos c}{\cos b \cdot \cos \delta}, \quad (3)$$

где углы падения a и c (обычно обозначаются i), углы преломления b и δ (обычно r).

Для линз с гладкой стороной, обращенной к падающему потоку, $a=b=0$, а углы c и δ следуют из конструкции. Учитывая зависимость конструктивного угла α от апертуры U можно записать в виде

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin U}{n - \cos U}, \quad (4)$$

Принимая во внимание (3) соотношение между угловыми размерами падающего и проходящего пучков, получаем коэффициент:

$$Z_\alpha = \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha + U} = \frac{n - \cos U}{n \cos U - 1}, \quad (5)$$

где индекс α относит формулу к типу линзы с гладкой стороной наружу (рисунок 1, а).

Таким образом, угловой размер преломленного луча определяется по формуле

$$\phi_f = Z_\alpha \phi_0, \quad (6)$$

где ϕ_0 – угловой размер падающего солнечного элементарного луча ($\phi_0=16'=4,63$ град) [2].

Диаметр фокального пятна для концентрических и линейных ЛФ определяется формулой

$$D_m = 2f\varphi_0 Z / \cos U. \quad (7)$$

Для линз с рабочим профилем навстречу падающему световому потоку углы преломления рабочего профиля обозначается буквой β , и соответствующие формулы принимают вид

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sin U}{1 - \sqrt{n^2 - \sin^2 U}}, \quad Z_\beta = \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 U}}{\cos U}. \quad (8)$$

На рисунке 2 показаны графики изменения значений Z_α , Z_β , углов α и β , коэффициента концентрации K_α и K_β для условной линзы с показателем преломления $n = 1,5$, практическое значение интегральных коэффициентов Z состоит в том, что при равных углах апертуры U линзы модификации β имеют большую концентрацию, чем линзы с гладкой стороной наружу (модификация α). Таким образом, для концентрических (дисковых) линз с $U=20^\circ$ мы имеем $(K_\beta / K_\alpha)^n \approx 2$, то есть концентрирующая способность линзы в β – модификации в 2 раза выше, чем для α – модификации [1-5]. Для линейного ЛФ $(K_\beta / K_\alpha)^n \approx 1,4$, что означает концентрация выше на 40%.

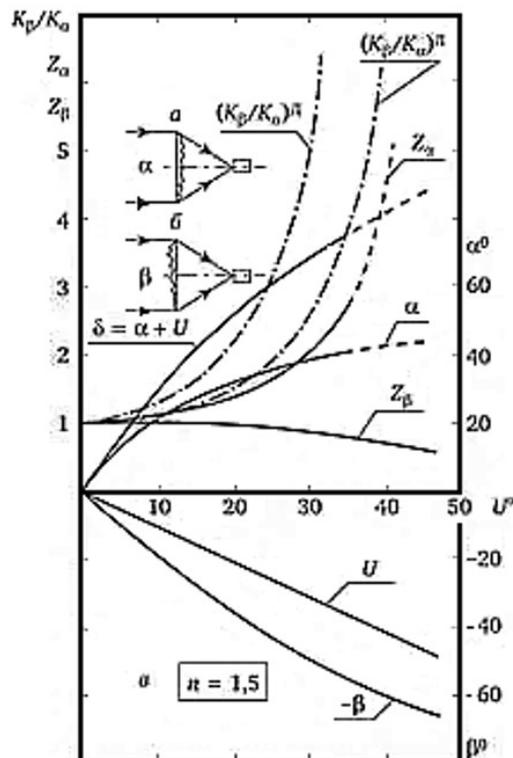


Рисунок 2 – Зависимость параметров ЛФ модификации α и β от угла раскрытия U при коэффициенте преломления $n = 1,5$

Максимальная концентрация в фокусе концентрической линзы с точечным фокусом может быть рассчитана по формуле (для линз с шагом до 0,5 мм, в противном случае

необходимо учитывать размытие фокусного пятна на величину шага):

$$E_{\max} = \tau E_0 (Z^2 \phi_0^2)^{-1} \sin^2 U_m \quad (9)$$

где E_0 – прямая солнечная радиация, Вт/м²;

r – интегральный коэффициент светопропускания ЛФ;

ϕ_0 – угловой радиус, равный 0,004654 рад;

U_m – максимальный угол раскрытия линзы (угловые градусы);

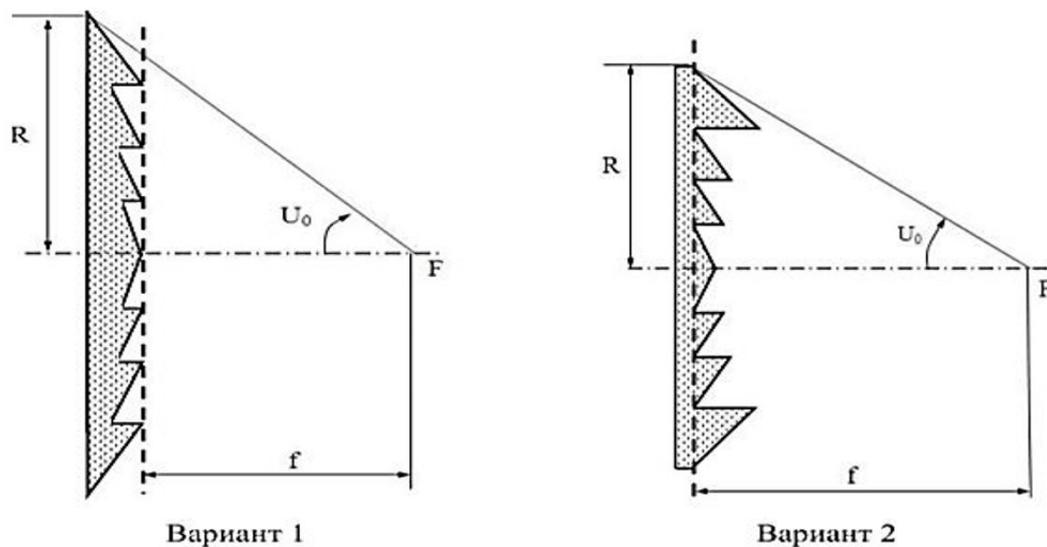
Z – интегральный коэффициент для линзы соответствующей модификации.

В работе рассмотрена методика расчета геометрических параметров ЛФ на плоской основе с учетом указанных требований. Разработана компьютерная программа расчета геометрических параметров и концентрирующих характеристик ЛФ, приведены примеры расчета [4, 5]. Для случая постоянного показателя преломления материала ЛФ показано, что ЛФ может обеспечить концентрации около 1000, однако при этом оптический КПД ЛФ не будет превышать 70%. Разработанная методика может явиться основой для определения параметров и концентрирующих характеристик ЛФ с учетом дисперсии показателя преломления.

Линзы Френеля считаются наиболее перспективными для использования в солнечных фотоэлектрических микромодулях с каскадными солнечными элементами из-за их высокой технологичности.

Целью данной работы является разработка методики расчета параметров солнечной ЛФ с плоским несущим основанием с учетом неточностей изготовления ее поверхностей и возможности перераспределения концентрированного потока за счет параметров поясов.

Как известно, существует два основных варианта ЛФ с плоским несущим слоем. К параметрам солнечной ЛФ в общем случае относятся: фокусное расстояние – f , угол раскрытия – U_0 или общий радиус – R , количество поясов (или количество зубьев) – N .



вариант 1 - вершины зубьев в одной плоскости;

вариант 2 - основания зубьев в одной плоскости

Рисунок 3 – Вид основных вариантов круговых и линейных линз Френеля с плоским несущим слоем

Профиль боковой грани пояса может иметь различную геометрию (плоскую, сферическую и др.), но анализ показывает, что достаточно выбрать его плоским, потому

что другие геометрии не дают заметных преимуществ в концентрации. Варианты 1 и 2 по концентрирующим характеристикам (рисунок 3), в общем, одинаковы, однако, по технологичности изготовления и по меньшим потерям на светопропускание более предпочтителен вариант 1. Геометрическая схема расчета параметров зубьев ЛФ по первому варианту приведена на рисунке 3 (вариант 1).

Как известно, расчет параметров зубьев проводится последовательно, начиная с первого или центрального зуба. При этом для каждого зуба с плоским профилем для параллельных лучей всегда выполняются следующие соотношения (рисунок 4):

$$i_j + U_j = \psi_j; \quad n \cdot \sin i_j = n_c \cdot \sin \psi_j; \quad L_j = d_j + \cos U_j / \cos \psi_j; \quad h_j = L_j \cdot \sin i_j \quad (10)$$

Также, из рисунка 4 можно записать:

$$\operatorname{tg} U_j = [R_{nj} + (r_{pj} - \Delta r_j)] / f, \quad (11)$$

где i – угол падения параллельных лучей на рабочую грань зуба;
 ψ – угол преломления этих лучей;
 U – обозначение вспомогательного угла, n ;
 n_c – показатели преломления воздуха и материала ЛФ;
 L – длина рабочего профиля зуба;
 h – толщина основания зуба;
 $d = 2 \cdot r_p$ – расчетный диаметр пятна, в которой м. б. своим для каждого зуба;
 Δr – смещение центра пятна, образуемого профилем зуба от оптической оси, которой, в принципе, может задаваться для каждого зуба.

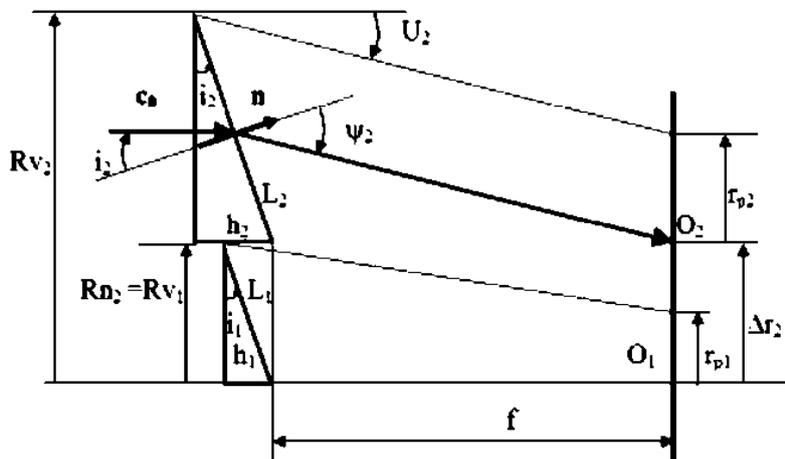


Рисунок 4 – Схема к расчету параметров зубьев ЛФ для варианта 1

Параметры r_p/f и Δr наряду с U_0 позволяют варьировать не только параметрами зуба, но и концентрацией и её распределением по приемнику.

Исходными данными для расчета ЛФ являются: f , n , n_c , r_p/f . Эти данные и уравнения, в общем случае, достаточны для определения параметров первого зуба сначала, а затем второго и последующих зубов. Для общего случая (рисунок 4) центр пятна профиля зуба, например, центр пятна O_2 , образованного профилем второго зуба, может быть смещен на определенную величину $\Delta r - \Delta r^2$ от фокуса F , и радиусы пятна зуба

r_{pj} также могут быть разными.

Например, пятно на зубе ${}^2r_{p2}$ – это широкое кольцо (рисунок 5, а). Поскольку Δr_j и r_{pj} могут быть разными для каждого зуба, то параметры каждого зуба, в том числе и первого, удобнее определять итеративно (установка i), а затем и параметры последующих зубьев. Очевидно, исходя из симметрии линзы Френеля, разумно предположить, что центр первого зуба O_1 совпадает с фокусом F , или $\Delta r_1 = 0$. Изменение Δr_j и r_{pj} позволяет не только, в принципе, изменить распределение концентрированного потока, но и уменьшить толщину крайних зубьев ЛФ, которые в основном определяют общую толщину ЛФ. Схема уточнения неточностей зубьев ЛФ показана на рисунке 5, б. Как видим, потери Френеля начинают существенно влиять на потери потока уже при $U_0 > 29^\circ$, [1, 2, 4]. Это общеизвестно, но, например, когда необходима зона высокой концентрации, важно обеспечить, чтобы максимально возможный поток находился именно в этой зоне. При учете этого условия следует, что, например, на пятне радиуса $x = 1$ мм ЛФ с $f = 100$ мм ($U_0 = 40^\circ$) обеспечиваются наибольшие потоки и, соответственно, концентрация, чем для ЛФ с другими f .

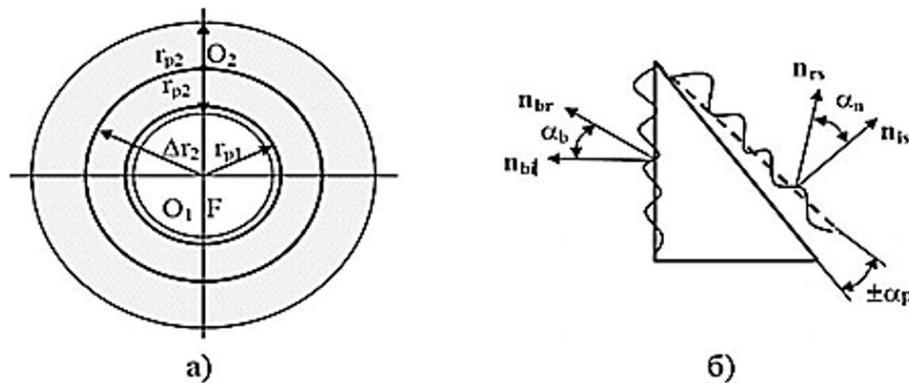


Рисунок 5 – Схема задания положения пятен (а) и неточности (б) зубьев ЛФ

То есть окончательный выбор параметров ЛФ – f , U_0 и параметров зубьев необходимо проводить с учетом требований по концентрации, параметров приемника, допусков на неточности изготовления поверхностей зубьев, а также требований к распределению потока или параметров r_p/f и Δr . Концентрации ЛФ (FL), параболоидного (PD) и сферического (SM) зеркал приведены на рисунке 6. Видно, что когда зеркала точные, ЛФ обеспечивает меньшие концентрации, даже при существенном увеличении числа поясов. В случае, реальных неточных зеркал, концентрации ЛФ практически, уже при $r_p/f = 0,0065$ (при этом для данного U_0 число поясов $N = 35$) близки к концентрации параболоида и превышают концентрации сферического зеркала. Результаты расчета представлены в виде графика (рисунок 6) и таблицы (таблица 1).

Таблица 1 – Средние концентрации и потоки в фокальной плоскости ЛФ

№ варианта	Приемник S, мм	C_s , без учета френ. потерь	C_s , с учетом френ. потерь	F_s/F_0 , без учета френ. потерь
1	2,79x2,79	1805,9	1696,1	0,976
	4,65x4,65	666,7	625,8	1,001
2	2,79x2,79	1523,5	1434,9	0,824
	4,65x4,65	641,8	602,7	0,964

3	2,79x2,79	1514,1	1424,6	0,818
	4,65x4,65	645,2	605,7	0,969

Расчет режима работ солнечной установки

Перед выбором количества и вида солнечных батарей необходимо рассчитать режим работы фотоэлектрических модулей (ФЭМ): круглогодичный или сезонный [1, 2].

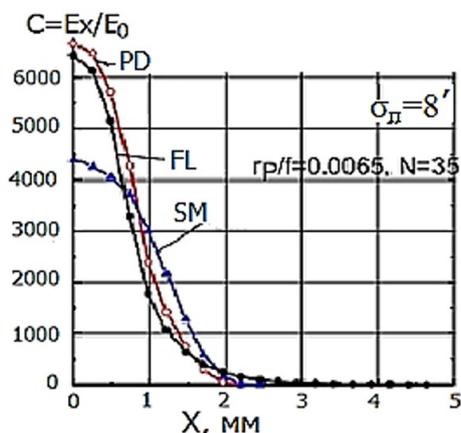


Рисунок 6 – Степень концентрации солнечного потока ЛФ

Для этого потребуются значения солнечной инсоляции (радиации). В таблице 2 показаны удельные месячные и суммарные годовые значения солнечной радиации ($E_{уд}$) для ст. Отар, где будут установлены ФЭУ.

Таблица 2 – Удельные месячные и суммарные годовые значения солнечной радиации ($E_{уд}$)

Месяц	$E_{уд}$, кВт·ч / (м ² ·день)	$n_{дм}$, дни	$E_{уд, мес}$, кВт·ч / м ²
Январь	1,17	31	36,27
Февраль	2,19	28	61,32
Март	3,54	31	109,74
Апрель	4,49	30	134,7
Май	5,17	31	160,27
Июнь	5,54	30	166,2
Июль	5,42	31	168,02
Август	4,74	31	146,94
Сентябрь	3,36	30	100,8
Октябрь	2,16	31	66,96
Ноябрь	1,28	30	38,4
Декабрь	0,85	31	26,35

Расчет на данном этапе делаем общим для всех объектов, так как они находятся в радиусе 50 м между собой. Различия, имеются лишь в окружающем ландшафте. Таблица 2 показывает, что оптимальное использование ФЭУ будет происходить в период с марта по сентябрь, а минимальные значения энергии, вырабатываемой топливными элементами, будут составлять с октября по февраль. Продолжительность солнечного сияния составляет 1816-2100 часов.

Выбор количества ФЭМ

В расчетах мощность солнечных панелей необходима для их правильного подбора и обеспечения необходимого количества электроэнергии ФЭУ. Рассчитаем площадь солнечных батарей, м² по формуле:

$$S_{СЭС} = P_{нагр} / P_{ФЭМ}, \quad (12)$$

где $P_{нагр}$ – общая нагрузка для объекта, кВт.

В системах ФЭУ имеет различные виды потерь из-за неизбежных потерь в проводах, солнечном контроллере и инверторе, а также при возможном увеличении нагрузки и постепенном незначительном снижении эффективности ФЭУ в процессе эксплуатации

$$P_{ФЭМ.СР} = P_{ФЭМ} \cdot \eta, \quad (13)$$

где $P_{ФЭМ}$ – удельная мощность, отдаваемая ФЭМ, Вт/м², при номинальном условии освещения, $P_{ФЭМ} = 1000$ Вт/м²;

η – КПД монокристаллических ФЭМ, в среднем составляет значение от 15 до 22%.

Принимаем среднее значение 17%, тогда

$$P_{ФЭМ.СР} = 1000 \cdot 0,17 = 170 \text{ Вт.}$$

Выбираем близкую по мощности к установке ФЭМ, принимаем к установке ФЭС типа МСК-200. На рисунке 7 представлен график выработки электроэнергии солнечными батареями в год.

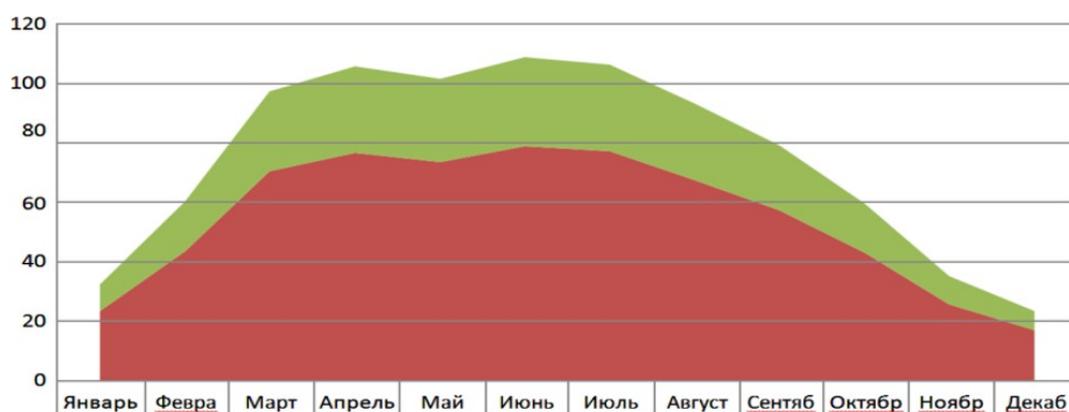


Рисунок 7 – График расчетной выработки электроэнергии СЭУ по месяцам

Солнечная станция с линзой Френеля (фотоэлектрическая система) состоит из следующих элементов: фотоэлектрические модули (ФЭМ) – генерируемый постоянный ток; инверторы, преобразующие постоянный ток, генерируемый солнечными панелями, в переменный ток; система мониторинга ФЭС, позволяющая отслеживать параметры работы солнечной электростанции; счетчики, предназначенные для мониторинга производительности системы и продажи электроэнергии по «зеленому» тарифу; несущие стальные конструкции для встраивания солнечных элементов на поверхность Земли, крышу здания и т.д., или подвижные поворотные солнечные трекеры; централизованная сеть – линия электропередач (ЛЭП), к которой подсоединена электростанция;

собственные потребители электроэнергии; распределительный пункт. Рекомендуемая солнечная станция с линзой Френеля мощностью 3 кВт для ст. Отар показана на рисунке 8.



Рисунок 8 – Рекомендуемая солнечная станция с ЛФ мощностью 3 кВт для ст. Отар

Выводы.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Разработана методика и программа расчета параметров ЛФ и параметров зубьев, отличающаяся учетом неточностей поверхностей и включающая исходные данные, позволяющие влиять на распределения концентрированного пятна. На основе данной методики были исследованы возможности повышения концентрации и оптического КПД ЛФ.

2. ЛФ могут обеспечивать концентрации до 1000, однако при этом оптический КПД ЛФ не будет превышать 70%, даже без учета дисперсии.

3. Рассмотренные параметры ЛФ могут быть использованы для анализа ЛФ с другими фокусными расстояниями при выполнении условий геометрического подобия и для одинаковых углов раскрытия U_0 .

Литература

1. Хавроничев С.В., Сошинов А.Г., Галуцак В.С. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. – Волгоград, 2015.

2. Андреев Т.И., Берёзкин М.Ю., Зайцев С.И., Киселева С.В., Коробкова Т.П., Нефедова Л.В., Рафикова Ю.Ю., Соловьев А.А., Чернова Н.И. Возобновляемые энергоресурсы атмосферы, гидросферы, биосферы: Лабораторный практикум. – Москва: Университетская книга, 2014.

3. Трофимов А., Рабинович М. Создание современной электроэнергетической базы сельских территорий. – Алматы: «Энергетика», 2008.

4. Петин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. – ISBN 9785977533379 – БХВ-Петербург, 2014.

5. Никулин И.М., Стафеев В.И. Физика полупроводниковых приборов. – Москва: Сов. радио, 1980. – 264 с.

6. Алферов З.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физ. Техн. Полупров. – 2004. – № 34. – № 8. – С. 937-947.

7. Автономная энергетическая установка с экстремальным шаговым регулятором мощности солнечных батарей / Ю.А. Шиняков, А.И. Отто, А.В. Осипов, М.М. Черная // Альтернативная энергетика и экология – 2015. – № (8-9) – С. 12-18.

References

1. Khavronichev S.V., Soshinov A.G., Galushchak V.S. Unconventional renewable energy sources. – Volgograd, 2015.
2. Andrenko T.I., Berezkin M.Yu., Zaitsev S.I., Kiseleva S.V., Korobkova T.P., Nefedova L.V., Rafikova Yu.Yu., Soloviev A.A., Chernova N.I. Renewable energy resources of the atmosphere, hydrosphere, biosphere: Laboratory workshop. – Moscow: University book, 2014.
3. Trofimov A., Rabinovich M. Creation of a modern electric power base for rural areas. – Almaty: "Energy", 2008.
4. Petin V.A. Projects using an Arduino controller. – ISBN 9785977533379 – BHV-Petersburg, 2014.
5. Nikulin I.M., Stafeev V.I. Physics of semiconductor devices. – Moscow: Sov. radio, 1980 – 264 p.
6. Alferov Z.I., Andreev V.M., Rumyantsev V.D. Trends and prospects of development of solar photoenergy // Phys. Tech. Semipro. – 2004. – № 34. – № 8. – pp. 937-947.
7. An autonomous power plant with an extreme stepper power regulator of solar panels / Yu.A. Shinyakov, A.I. Otto, A.V. Osipov, M.M. Chernaya // Alternative energy and ecology. – 2015. – No. (8-9). – pp. 12-18.

ОРАЛБЕКОВА А.О. – PhD, ассоц. профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

КОЙШИБАЕВА К.Ж. – аға оқытушы (Алматы қ., Қазақ Ұлттық аграрлық зерттеу университеті)

ДАУЛЕТХАНОВА А.М. – магистрант (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ФРЕНЕЛЬ ЛИНЗАЛАРЫНЫҢ ПРОФИЛЬДЕРІН ЖӘНЕ КҮН ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ЖҰМЫС РЕЖИМІН ЕСЕПТЕУ

Аңдатпа

Бұл жұмыста монохроматикалық жуықтаудағы Френель линзаларының профильдерін есептеу және күн қондырғысының жұмыс режимі және ФЭМ санын таңдау қарастырылған.

Түйінді сөздер: *Френель линзасы, шоғырлану қабілеті, сәулелердің деформациясы, фокустық нүкте, фокустық ұзындық, тікелей күн радиациясы, ЛФ жарық берудің интегралды коэффициенті, бұрыштық радиус, линзаның максималды ашылу бұрышы.*

ORALBEKOVA A.O. – PhD, assoc. professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

KOYSHIBAIEVA K.ZH. – senior lecturer (Almaty, Kazakh National agrarian research university)

DAULETKHANOVA A.M. – master's student (Almaty, Kazakh university ways of communications)

CALCULATION OF FRESNEL LENS PROFILES AND THE OPERATING MODE OF THE SOLAR INSTALLATION

Abstract

In this paper, the calculations of the profiles of Fresnel lenses in the monochromatic approximation and the operating mode of the solar installation and the choice of the number of FEM are considered.

Keywords: *Fresnel lens, concentrating ability, beam deformation, focal spot, focal length, direct solar radiation, integral light transmission coefficient LF, angular radius, maximum lens opening angle.*

УДК 621.869.4/15

СУРАШОВ Н.Т. – д.т.н., профессор, академик КазНАЕН (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ТОЛЫМБЕК Д.Н. – к.т.н., доцент (г. Нур-Султан, директор «Аруна-АИ»)

РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН ОТВАЛЬНОГО ТИПА

Аннотация

На основе существующих и разработанных авторами система удельных, обобщённых, дифференциальных показателей позволяет комплексно определить для оценки эффективности рабочих органов землеройно-транспортных машин (РО ЗТМ) отвального типа.

Разработана и сформирована система оценочных показателей (30 наименований), для сравнения и оценки основных показателей РО ЗТМ отвального типа, выпущенных и эксплуатируемых в СНГ и в зарубежных странах.

Приведены результаты полевых испытаний 6 типов рабочих органов (РО) бульдозеров и по их численным значениям определены показатели эффективности, которые позволяют комплексно оценить технический уровень и выбрать конкурентоспособные машины.

Ключевые слова: *бульдозер, рабочий орган, удельный, обобщенный и дифференциальные показатели, эффективность, конкурентоспособность.*

Актуальность работы.

Основной и первостепенной задачей, стоящей перед производителями и потребителями землеройно-транспортных машин (ЗТМ) в нашей стране на ближайшие десятилетия будет повышение их качества и конкурентоспособности на мировом рынке [1, 2].

Использование новых технических решений является важнейшим направлением повышения эффективности любых объектов техники, в том числе ЗТМ. При использовании новых конструкций важно на этапе эксплуатации оценить эффективность возможных конструктивных решений. Одним из важных условий получения такого решения, для оценки полученных вариантов, является разработка и использование

конструктивных решений теоретически и экспериментально обоснованной целевой функции оптимизации, в качестве которой используют показатели, определяющие эффективность работы проектируемого объекта техники [2, 3].

В современных рыночных условиях ЗТМ особенно нуждается в анализе маркетинга этих машин. Для производителя или потребителя ЗТМ очень важно оценить эффективность ЗТМ. Это включает: выявление эталона, определение технического уровня выпускаемых ЗТМ, определение уровня цены и анализ конкурентоспособности.

Основная часть.

По степени сложности формирования, оценочные показатели подразделяются на: 1 – частные показатели (теоретические, опытно-экспериментальные, эксплуатационные, геометрические, физические, экономические, технические, силовые и скоростные, основные и производные, т.п.); 2 – удельные (формируются делением или умножением одного частного показателя, например энергоемкость $N_{уд} = \frac{N}{\Pi} \left(\frac{\kappa Bm}{M^3} \right)$, материалоемкость

$G_{уд} = \frac{G}{\Pi} \left(\frac{\kappa z \cdot \text{час}}{M^3} \right)$ и т.д.); 3 – обобщенный показатель (формируется умножением или делением одноименных удельных показателей, например – $\frac{N \cdot G}{\Pi \cdot \Pi} = \frac{N \cdot G}{\Pi^2} \cdot i$;

$\frac{R \cdot N}{B \cdot B} = \frac{R \cdot N}{B^2} \left(\frac{\kappa H \cdot \kappa Bm}{M^2} \right)$; $\frac{N \cdot G \cdot n}{\Pi \cdot \Pi \cdot \Pi} = \frac{N \cdot G \cdot n}{\Pi^3} \left[\frac{\kappa Bm \cdot \kappa z \cdot 1 \text{ раб}}{\left(\frac{M^3}{\text{ч}} \right)} \right] \cdot i$; 4 – дифференциальный

показатель (формируется умножением или делением одноименных обобщенных показателей, например – $\frac{N \cdot G}{\Pi^2} \cdot \frac{N \cdot G}{G_{np}^2} = \frac{N^2 \cdot G^2}{\Pi^2 \cdot G_{np}^2} \left[\frac{\kappa z^2 \cdot \kappa Bm^2}{(M^3/\text{ч})^2 \cdot (\kappa z)^2} \right]$ и т.д. [3].

Общая последовательность системы показателей и их пояснение приведены в таблице 1. Наряду с широко известными показателями [2, 3] оценки эффективности ЗТМ, авторами предлагаются дополнительно новые показатели (№6...15, таблица 1) для оценки эффективности РО ЗТМ отвалного типа.

При многообразии учитываемых параметров эффективность формируемого конструктивного решения оценивается по величине комплексного показателя K_k по формуле:

$$K_k = \sum_i^n K_i p_i, \quad (1)$$

где K_i – относительные i -тые частные показатели эффективности по вариантам новых решений; p_i – коэффициент весомости i -го показателя относительно частного показателя эффективности. Относительно частные показатели эффективности определяются по формулам:

$$K_i = \frac{\partial_{np}}{\partial_n} \text{ при } \partial_n < \partial_{np};$$

$$K_i = \frac{\partial_n}{\partial_{np}} \text{ при } \partial_n > \partial_{np}, \quad (2)$$

где ∂_n – значение i -го показателя варианта нового решения; ∂_{np} – значение i -го показателя традиционного решения, принятого за эталон [2].

Определение эффективности техники на основе рассмотренной методики осуществляют в такой последовательности: определяют параметры нового конструктивного решения, необходимые для расчета эффективности; определяют соответствующие показатели эффективности традиционных конструктивных решений; определяют базовое традиционное конструктивное решение; рассчитывают среднее значение коэффициента эффективности конструктивного решения $K_{TR,op}$; рассчитывают коэффициент эффективности нового конструктивного решения $K_{HOB,3}$; осуществляют оценку нового конструктивного решения; осуществляют оценку нового конструктивного решения в соответствии с рекомендациями, приведенными в таблице 1.

Для оценки эффективности РО ЗТМ отвального типа разработана система оценочных показателей, позволяющих объективно оценить технический уровень разработанных перспективных РО машин (таблица 1).

Таблица 1 – Система показателей для оценки РО ЗТМ

№	Показатель	Размерность	Наименование показателей
1.	B	м	ширина отвала, ножа
2.	R	Н, кН	усилие на лезвие РО, ножа
3.	G	Кг	масса отвала бульдозера
4.	N	кВт	мощность бульдозера
5.	G_{np}	кг	масса призмы волочения
6.	R/B	(Н/м); кН/м	удельное усилие, приходящееся на единицу ширины отвала, ножа
7.	N/B	кВт/м	удельная мощность, приходящаяся на единицу ширины отвала, ножа
8.	RN/B^2	$((Н)кН \cdot кВт)/м^2$	обобщенный показатель экономии мощности и силовых нагрузок, приходящихся на квадрат ширины отвала
9.	G/G_{np}	кг/кг	удельное соотношение масс: РО (бульдозера) и призмы волочения
10.	N/G_{np}	кВт/кг	удельное соотношение мощности бульдозера и массы призмы волочения
11.	N/G_{np}^2	кВт/кг ²	обобщенный показатель экономии мощности и массы РО, приходящийся на квадрат массы призмы волочения
12.	G/Π	$(кг \cdot ч)/м^3$	удельная масса РО, приходящаяся на единицу производительности
13.	N/Π	$(кВт \cdot ч)/м^3$	удельная мощность, приходящаяся на единицу производительности
14.	NG/Π^2	$(кг \cdot кВт)/(м^3/ч)^2$	обобщенный показатель экономии мощности и массы РО, приходящийся на квадрат производительности
15.	$\frac{G^2 \cdot N^2}{\Pi^2 \cdot G_{np}^2}$	$(кг^2 \cdot кВт^2)/(м^3/ч)^2 \cdot (кг)^2$	дифференциальный показатель экономии квадратов массы и мощности, приходящийся на квадраты производительности и массы призмы волочения
16.	G/B	кг/м	удельная масса РО, приходящаяся на единицу ширины отвала, ножа

17	N/G	кВт/кг	удельная мощность бульдозера, приходящаяся на единицу массы РО
18.	T/F _{отв}	кН/м ²	удельная сила тяги, приходящаяся на единицу площади лобовой поверхности отвала
19.	G/N	кг/кВт	удельная масса РО, приходящаяся на единицу мощности бульдозера
20.	T/N; q/N	кН/кВт; (м ³ /кВт)	удельная сила тяги (вместимости) приходящаяся на единицу мощности
21.	(G·T)/N ²	(кг·кН)/кВт ²	обобщенный показатель экономии массы РО и силы тяги, приходящийся на квадрат мощности
22.	Z/Π	тенге · час/м ³	приведенные удельные затраты, приходящиеся на единицу производительности
23.	(G·Z)/Π ²	тенге·кг/(м ³ /ч) ²	обобщенный показатель экономии массы РО и затрат, приходящийся на квадрат производительности
24.	$Q_{\text{час}} = \frac{Q_o}{T_{\text{ч}}}$	кг/час	часовой расход топлива
25.	$Q_{\text{уд}} = Q_m / \Pi$	кг/м ³	удельный расход топлива, приходящийся на единицу производительности
26.	(Z·Q _т)/Π ²	тенге·кг/(м ³ /ч) ²	обобщенный показатель экономии затрат и расхода топлива, приходящийся на квадрат производительности
27.	$i_k = \Delta / T_n$	мм/(мото·час)	удельная интенсивность изнашивания режущей кромки, приходящаяся на единицу наработки ножа
28.	$K_{\text{эф}} = \frac{P_k^m - P_k^h}{P_k^m}$	кН/кН	коэффициент эффективности новой конструкции по снижению сил сопротивлению копанию грунта
29.	$K_{\text{нд}} = t_{\text{ср}} / (t_{\text{ср}} + t_{\text{устр}} + t_{\text{проф}})$	ч/ч	показатель надежности, отражающий качество изготовления машины
30.	$K_{\text{кфт}} = K_R + K_v + K_{\text{кдц}} + K_{\text{отп}}$		обобщенный показатель качественной оценки комфортабельности машины

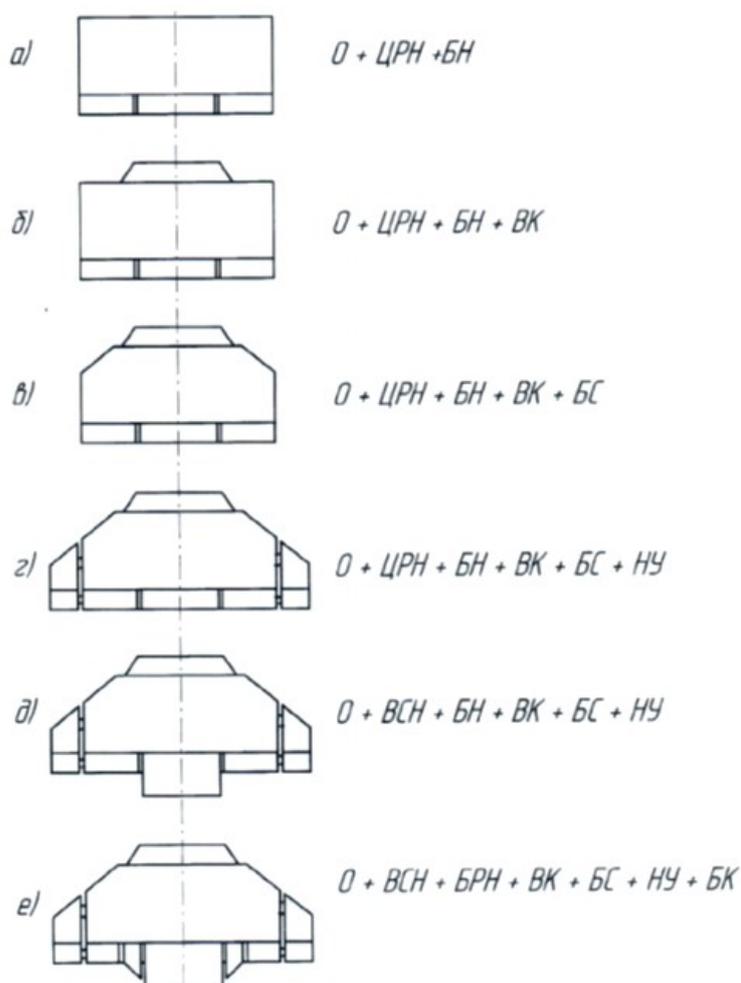
Наряду с широко известными показателями и оценками эффективности ЗТМ [2] авторами предлагаются более 10 новых показателей для оценки эффективности РО ЗТМ отвального типа [3]. Общая последовательность определения новых показателей и пояснения к ним приведены в таблице 1.

Для выявления перспективных и конкурентоспособных РО бульдозера были выбраны шесть вариантов исполнения РО, из них последние 3 типа разработаны авторами [4] (рисунок 1).

Согласно представленной в таблице 1 системе показателей и проведенных полевых исследовательских испытаниях на этих моделях произведена оценка эффективности бульдозерного отвала с шестью вариантами.

На одном из бульдозеров на базе трактора ДТ-75М при копании глинистого грунта, были установлены традиционный отвал с серийными ножами (изготовленные из марки стали СТ65Г), а на другом – модернизированный отвал с опытными ножами [4-6].

Для определения оценочных показателей опытным путем определены следующие параметры бульдозера: потребляемая им мощность N , кВт; ширина B и высота $H_{отв}$ отвала, м; усилие на лезвии рабочего органа R , Н; масса отвала G , кг; масса призмы волочения (максимальная) $G_{пр}$, кг; тяговое усилие бульдозера T , Н; общий расход топлива G_0 , кг; интенсивность изнашивания режущих кромок i_k , (мм·мото)/час; скорость перемещения разработанного грунта v , м/с; площадь поперечного сечения траншеи S , м² и т.д.



а) – традиционный отвал без козырька; б) – традиционный отвал с козырьком; в) – отвал с верхними боковыми скосами; г) – то же, отвал с ножами-уширителями; д) – то же, отвал, оснащенный ВСН; е) – то же, отвал, оснащенный ВСН и БК.

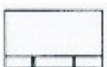
Рисунок 1 – Формирование РО бульдозера в зависимости от категории разрабатываемых грунтов

По экспериментальным данным вычислены оценочные показатели для различных конструкций отвалов и их значения приведены в таблице 2. Построены графики

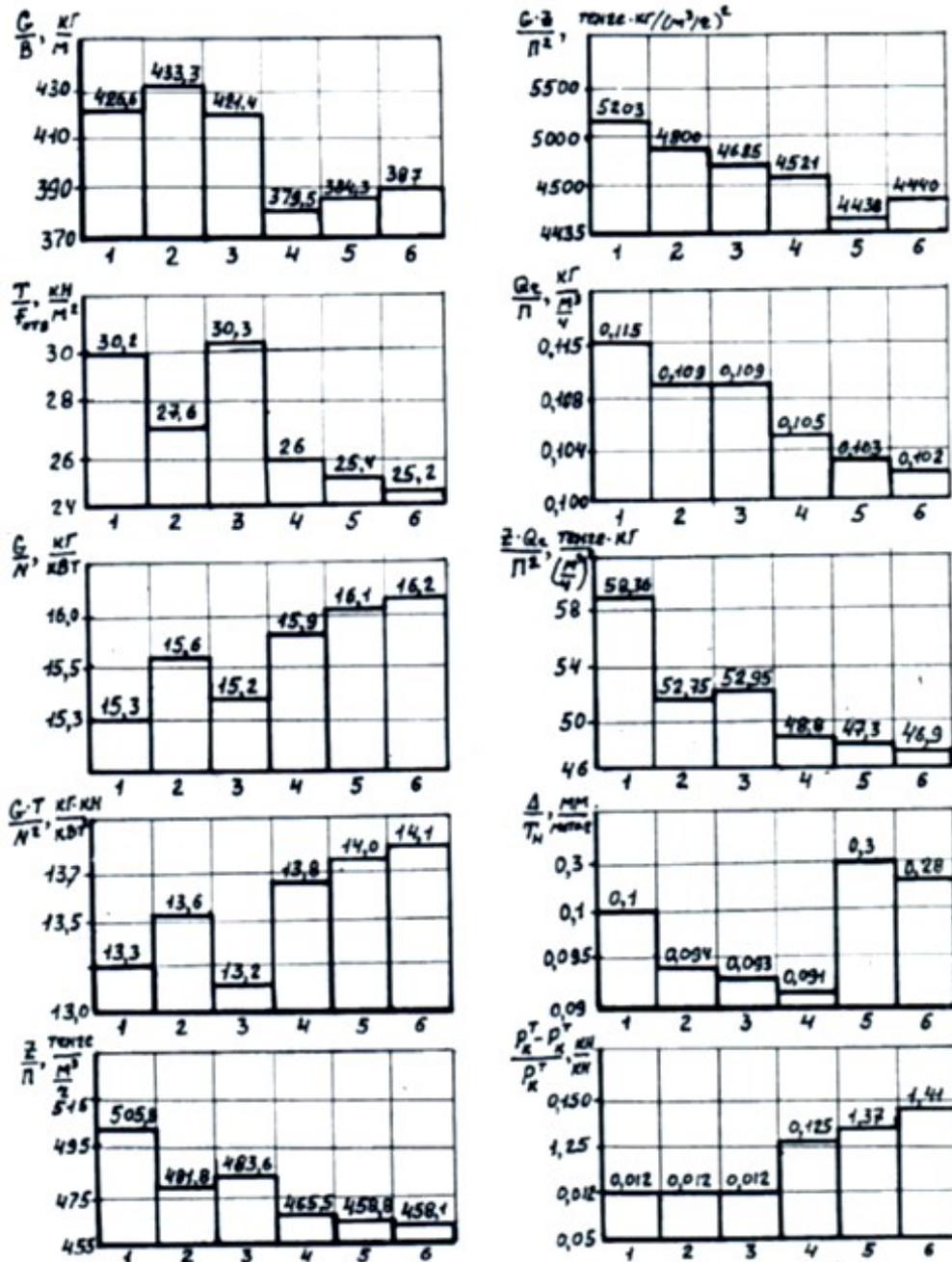
изменения оценочных показателей по экспериментальным данным, позволяющие оценить технико-экономическую эффективность для различных конструкций отвалов бульдозера (рисунок 1, таблица 2) [7-9].

Анализ оценочных показателей: материалоемкости G/G_{np} и G/Π (таблицы 1, 2, пункты 9 и 12) показывает, что с совершенствованием конструкции РО уменьшается металлоемкость, а объем набора призмы волочения увеличивается, соответственно возрастает производительность бульдозера (рисунок 1 и таблица 2); энергоемкости $N \cdot G/G_{np}^2$, N/Π , N/G_{np} и $G \cdot N/\Pi^2$ показывают, что с совершенствованием конструкции РО ЗТМ отвального типа улучшаются энергетические показатели, т.е. расход энергии, затраченной на разработку единичного объема грунта, уменьшается; показатели удельного усилия, приходящегося на единицу ширины ножа R/B , удельной мощности, приходящейся на единицу ширины ножа N/B , обобщенный показатель экономии мощности и силовых нагрузок $R \cdot N / B^2$ показывают что, с улучшением конструкции отвала (отвалы – 1, 2, 3 типы исполнения, рисунок 1,2) их значения почти не изменяются, отвал конструкции типа 4 (рисунок 1,2) уменьшается, а отвалы с оснащением ВСН и БК резко (скачкообразно) увеличиваются (рисунок 1, конструкции типа 5 и 6) (таблица 2) [10, 11].

Таблица 2 – Результаты оценки эффективности сформированных бульдозерных отвалов

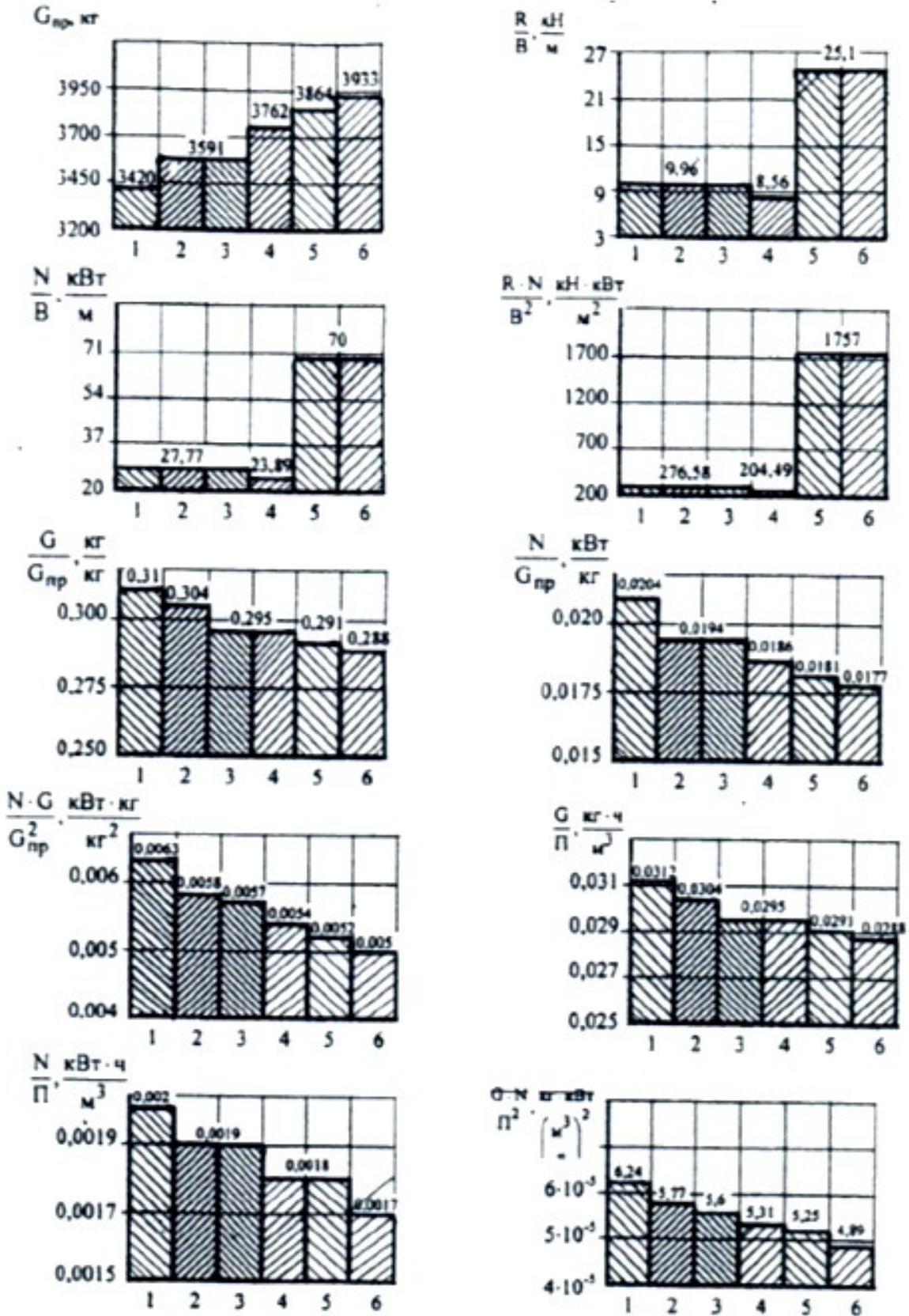
№ п/п	Показатели	Размерность	Значение					
								
1.	B	м	2,52	2,52	2,52	2,93	2,93	2,93
2.	R	Н (кН)	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1
3.	G	кг	1070	1092	1062	1112	1126	1134
4.	N	кВт	70	70	70	70	70	70
5.	G_{np}	кг	3420	3591	3591	3762	3864	3933
6.	$\frac{R}{B}$	(Н/м); кН/м	9,96	9,96	9,96	8,56	25,1	25,1
7.	$\frac{B}{R}$	кВт/м	27,77	27,77	27,77	23,89	70,0	70,0
8.	$\frac{R \cdot N}{B^2}$	((Н)кН·кВт) / м ²	276,58	276,58	276,58	204,49	1757	1757
9.	$\frac{G}{G_{np}}$	кг/кг	0,31	0,304	0,295	0,295	0,291	0,288
10.	$\frac{N}{G_{np}}$	кВт/кг	0,0204	0,0194	0,0194	0,0186	0,0181	0,0177
11.	$\frac{N \cdot G}{G_{np}^2}$	кВт кг/кг ²	0,0063	0,0058	0,0057	0,0054	0,0052	0,005
12.	$\frac{G}{\Pi}$	(кг·ч)/м ³	0,0312	0,0304	0,0295	0,0215	0,0291	0,0288
13.	$\frac{N}{\Pi}$	(кВт·ч)/м ³	0,002	0,0019	0,0019	0,0018	0,0018	0,0017

14.	$\frac{G \cdot N}{\Pi^2}$	(кг·кВт)/ (м ³ /ч) ²	6,24·10 ⁻⁵	5,77·10 ⁻⁵	5,6·10 ⁻⁵	5,31·10 ⁻⁵	5,25·10 ⁻⁵	4,89·10 ⁻⁵
15.	$\frac{G^2 \cdot N^2}{\Pi^2 \cdot G_{np}^2}$	(кг ² ·кВт ²)/ (м ³ /ч) ² ·(кг) ²	3·10 ⁻⁷	3·10 ⁻⁷	3·10 ⁻⁷	2·10 ⁻⁷	2·10 ⁻⁷	2·10 ⁻⁷
16.	G/B	кг/м	424,6	433,3	421,4	379,5	384,3	387,0
17.	N/G	кВт/кг	0,065	0,064	0,066	0,063	0,062	0,062
18.	T/F _{отв}	кН/м ²	30,2	27,6	30,3	26,0	25,4	25,2
19.	G/N	кг/кВт	15,3	15,6	15,2	15,9	16,1	16,2
20.	T/N	кН/кВт	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87
21.	G·T/N ²	кг·кН/кВт ²	13,3	13,6	13,2	13,8	14,0	14,1
22.	Z/Π	тенге/м ³ /ч	505,8	481,8	483,6	465,5	458,8	458,1
23.	G·Z/Π ²	тенге·кг/ (м ³ /ч) ²	5203,6	4800	4685,8	4521	4438	4440
24.	$Q_{y\partial} = \frac{Q_r}{\Pi}$	кг/м ³ /ч	0,115	0,107	0,107	0,105	0,103	0,102
25.	$\frac{Z \cdot Q_r}{\Pi^2}$	тенге·кг/ (м ³ /ч) ²	58,36	52,75	52,95	48,8	47,3	46,99
26.	Δ/Тн	Мм/ мото·час	0,1	0,094	0,093	0,091	0,3	0,28
27.	$\frac{T \cdot H \cdot T}{P_K - P_K / P_K}$	кН/кН	0,012	0,012	0,012	1,125	1,37	1,41
28.	T	кН	60,9	60,9	60,9	60,9	60,9	60,9
29.	F _{отв}	м ²	2,016	2,205	2,01	2,338	2,4	2,42
30.	V	м ³ /ч	104	109,6	109,6	114,5	116,4	117,0
31.	T _ц	час	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
32.	$\frac{T}{P_K}$	кН	57,2	57,2	57,2	57,2	57,2	57,2



1 – традиционный отвал без козырька; 2 – традиционный отвал с козырьком; 3 – отвал с боковыми скосами; 4 – то же, отвал и ножами-уширителями; 5 – то же, отвал с ВСН и ножами-уширителями; 6 – то же, отвал с ВСН и БК, ножами-уширителями.

Рисунок 2 – Изменения оценочных показателей технико-экономической эффективности различных конструкций бульдозерных отвалов



Вывод.

Таким образом, теоретически и экспериментально произведена оценка технического уровня предлагаемых перспективных типов конструкции отвалов бульдозера.

Литература

1. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве. – М.: Транспорт, 1983. – 183 с.
2. Хмара Л.А., Голубченко А.И. Определение показателей эффективности строительных машин, манипуляторов и машин с рабочими органами многоцелевого назначения / Сб. трудов МАДИ. – М., 1987. – С. 23-28.
3. Сурашов Н.Т. Научные основы создания перспективных рабочих органов землеройно-транспортных машин. Монография. – Алматы: КазГАСА, 2004. – 263 с.
4. Инновационный патент №15852 от 04.04.2005. Сурашов Н.Т., Толымбек Д.Н. Отвал бульдозера. Опубликовано в бил. №6 от 15.06.2005г. – 3 с.
5. Инновационный патент №13578 от 14.08.2003. Сурашов Н.Т., Толымбек Д.Н. Отвал с выступающим ножом бульдозера. Опубликовано в бил. №10 от 15.10.2003г. – 2 с.
6. Инновационный патент №13576 от 14.08.2003. Сурашов Н.Т., Толымбек Д.Н. Ковш скрепера. Опубликовано в бил. №10 от 15.10.2003г. – 3 с.
7. Холодов А.М., Ничке В.В. Землеройно-транспортные машины. – Харьков: Вища школа, 1982. – 192 с.
8. Захарчук Б.З., Телушкин В.Д., Шлойдо Г.А. Яркин А.А. Бульдозеры и рыхлители. – М.: Машиностроение, 1987. – 240 с.
9. Завьялов А.М. Основы теории взаимодействия рабочих органов дорожно-строительных машин со средой / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. – Омск: СибАДИ, 1999. – 240 с.
10. Перов В.А. Методика изучения динамики землеройной машины при учете действия случайных нагрузок // Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования / Московский государственный университет природообустройства. – М.: МГУП. – С. 108-110.
11. Волков Д.П. Динамика и прочность одноковшовых экскаваторов. – М.: Машиностроение, 1965. – 461 с.

Reference

1. Balovnev V.I., Khmara L.A. Intensification of earthworks in road construction. – M.: Transport, 1983. – 183 p.
2. Khmara L.A., Golubchenko A.I. Determination of performance indicators of construction machines, manipulators and machines with working bodies of multipurpose purpose: Sb. Tr. / MADI. – M., 1987. – P. 23-28.
3. Surashov N.T. Scientific bases of creation of perspective working bodies of earth-digging and transport machines. Monograph. – Almaty: KazGASA, 2004. – 263 p.
4. Innovative patent No15852 from 04.04.2005. Surashov N.T., Tolymbek D.N. Bulldozer blade. Published in Biel. No6 from 15.06.2005 – 3 p.
5. Innovative patent No13578 from 14.08.2003. Surashov N.T., Tolymbek D.N. Blade with a protruding bulldozer knife. Published in Biel. No10 from 15.10.2003 – 2 p.
6. Innovative patent No13576 from 14.08.2003. Surashov N.T., Tolymbek D.N. Kovsh scraper. Published in Biel. No10 from 15.10.2003 – 3 p.
7. Kholodov A.M., Nikke V.V. Earth-digging and transport machines. – Kharkov: Vyshcha shkola, 1982. – 192 p.
8. Zakharchuk B.Z., Telushkin V.D., Shloido G.A. Yarkin A.A. Bulldozers and rippers. – M.: Mashinostroenie, 1987. – 240 p.
9. Zavyalov A.M. Fundamentals of the theory of interaction of working bodies of road-building machines with the environment / Dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. – Omsk: SibADI, 1999. – 240 p.
10. Perov V.A. Methods of studying the dynamics of the earth-moving machine when taking into account the action of random loads / Federal State Budgetary Educational Institution

of Higher Professional Education / Moscow State University of Environmental Engineering. – M.: MGUP. – P. 108-110.

11. Volkov D.P. Dynamics and strength of single-bucket excavators. – M.: Mashinostroenie, 1965. – 461 p.

СУРАШОВ Н.Т. – т.ғ.д., профессор, ҚазҰЖҒА академигі (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ТОЛЫМБЕК Д.Н. – т.ғ.к., доцент (Нұр-Сұлтан қ., «Аруна-АИ» директоры)

ОТВАЛДЫ ТҮРДЕГІ ЖЕРҚАЗУ-ТАСЫМАЛДАУ МАШИНАЛАРЫНЫҢ ЖҰМЫСТЫҚ ОРГАНДАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІНІҢ ДАМУЫ ЖӘНЕ БАҒАЛАНУЫ

Аңдатпа

Авторлар қолданыстағы және жаңадан ұсынылған негізінде меншікті, жалпыланған, дифференциалды көрсеткіштері жүйесі арқылы тиімділікті бағалау үшін отвал түріндегі жерқазу-тасымалдау машиналардың жұмыс органдарының тиімділігін кешенді түрде анықтауға мүмкіндік береді.

ТМД мен шет елдерде өндірілген жерқазу-тасымалдау машиналарының және жұмыс істейтін отвал түрінің негізгі көрсеткіштерін салыстыру және бағалау үшін бағалау көрсеткіштерінің жүйесі (30 дана) әзірленді және қалыптасты.

ЖО бульдозерлерінің 6 түрінің далалық сынақтарының нәтижелері беріледі және олардың сандық мәндерінің негізінде тиімділік көрсеткіштері анықталады, бұл техникалық деңгейді жан-жақты бағалауға және бәсекеге қабілетті машиналарды таңдауға мүмкіндік берді.

Түйінді сөздер: *бульдозер, жұмыс органы, меншікті, жалпыланған және дифференциалды көрсеткіштер, тиімділік, бәсекеге қабілеттілік.*

SURASHOV N.T. – d.t.s., professor, Academician KazNANS (Almaty, Kazakh university ways of communications)

TOLYMBEK D.N. – PhD, assoc. professor (Nur-Sultan, director of "Aruna-AI")

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE WORKING BODIES OF DUMP-TYPE DIGGING TRANSPORTATION MACHINES

Abstract

On the basis of the existing and developed by the authors, the system of specific, generalized, differential indicators makes it possible to comprehensively determine the efficiency of the working bodies of earth-moving machines (WB EMM) of the dump type to assess the efficiency.

A system of estimated indicators (30 items) has been developed and formed for comparing and evaluating the main indicators (WB EMM) of the dump type, produced and operated in the countries.

The results of field tests of 6 types of WB bulldozers are given and, based on their numerical values, efficiency indicators are determined, which made it possible to comprehensively assess the technical level and select competitive machines.

Keywords: *bulldozer, working body, specific, generalized and differential indicators, efficiency, competitiveness.*

УДК 336 (035.3)

БАЯХМЕТОВА А.Т. – д.э.н., профессор (г. Алматы, Казахско-Немецкий университет)

САРЖАНОВ Т.С. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

МУСАЕВА Г.С. – д.т.н., профессор (г. Алматы, Академия логистики и транспорта)

БАЯХМЕТОВА Ляз.Т. – к.э.н., ст. преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ФИНАНСОВАЯ ГРАМОТНОСТЬ КАК ФАКТОР, СПОСОБСТВУЮЩИЙ ПРИНЯТИЮ РЕШЕНИЯ ОБ ИНВЕСТИРОВАНИИ В ЦЕННЫЕ БУМАГИ

Аннотация

В рамках реализации Программы повышения финансовой грамотности населения в 2018 году Национальный Банк начал проведение социологического исследования уровня финансовой грамотности как показателя эффективности реализации Программы и своеобразной «отправной» точкой для создания и реализации последующих программных документов в области повышения финансовой грамотности населения.

Для указанных целей Национальным Банком был восстановлен и функционирует обновленный сайт fingramota.kz, на котором размещаются материалы по финансовой грамотности, финансовые новости и видеоматериалы (Национальный Банк Республики Казахстан).

По прошествии трех лет с даты завершения предыдущей Программы повышения финансовой грамотности в Казахстане была утверждена Концепция повышения финансовой грамотности на 2020-2024 годы (Агентство Республики Казахстан по регулированию и развитию финансового рынка, 2020).

Ключевые слова: *финансовая грамотность, финансовые концепций, глобализация, экономический рост, информационные технологии.*

Введение. В последние десятилетия, произошедшие и происходящие в мире события, и процессы, например, такие как мировой финансовый кризис, глобализация финансовых рынков, активное внедрение инновационных информационных технологии в финансовые услуги, реализация странами различных программ по повышению финансовой доступности обозначили необходимость в повышении финансовой грамотности населения.

Характер финансовой неграмотности и ее проявления могут быть различными, но они находят свое отражение в повседневном финансовом выборе, который делают практически большинство домашних хозяйств. Как показывают эмпирические исследования без понимания и знаний основ экономики, финансовых услуг и продуктов, и структуры их рисков и доходности, финансово неграмотные индивидуумы с большей вероятностью примут неверные инвестиционные и финансовые решения, которые ухудшат их финансовое положение.

В масштабе страны низкая финансовая грамотность населения сдерживает развитие финансовых рынков, способствует развитию бедности, снижает доверие к финансовым институтам, а также дестимулирует темпы экономического роста страны.

1. Методология

Для изучения текущего уровня финансовой грамотности в Казахстане, а также оценки его влияния на решение об инвестировании в ценные бумаги, было проведено первичное исследование. Сбор информации, необходимой для проведения первичного исследования, осуществлялся посредством социологического опроса, для которого была составлена анкета и проведен опрос на основе стихийной выборки (Приложение). В опросе участвовали 97 респондентов.

В рамках данной работы были выдвинуты следующие гипотезы:

- нулевая гипотеза: финансовая грамотность не влияет на принятие решения об инвестировании в ценные бумаги;
- альтернативная гипотеза: финансовая грамотность влияет на принятие решения об инвестировании в ценные бумаги.

Дополнительно в исследовании было рассмотрено влияние таких детерминантов как осведомленность о фондовом рынке и уровень образования на уровень инвестирования в ценные бумаги.

Для проверки взаимосвязи между вышеуказанными детерминантами и принятием решения об инвестировании в ценные бумаги был проведен многофакторный регрессионный анализ. Поскольку количество сравниваемых групп больше двух необходимо доказать важность различий между группами с помощью множественного регрессионного анализа.

Как известно, основными задачами регрессионного анализа является установление формы зависимости, определение функции регрессии, оценка неизвестных значений зависимой переменной. Результаты опроса респондентов представлены в виде следующей таблицы.

Таблица 1 – Показатели многофакторного статистического анализа (2019)

<i>Regression statistics</i>	
Multiple R	0,859
R-square	0,737
Normalized R-square	0,729
Standard error	0,771
Observations	97

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	3	155	52	87	0,000
Residual	93	55	1		
Total	96	211			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard error</i>	<i>t-statistics</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>
Y-crossing	1,531	0,538	2,8	0,005	0,463	2,600
Финансовая грамотность (Right_answers)	0,587	0,084	7,0	0,000	0,421	0,754
Уровень осведомленности	-0,426	0,128	-3,3	0,001	-0,680	-0,173
Уровень образования	0,359	0,110	3,3	0,002	0,140	0,577

Значение R-квадрата характеризует качество полученной линии регрессии. Это качество выражается степенью соответствия между исходными данными и регрессионной моделью. Значение R-квадрата исследуемой модели составляет 0,737. Это означает, что построенная модель объясняет изменчивость соответствующих переменных на 73,7%, что указывает на качество линии регрессии, сделанной для исходных данных.

Коэффициент множественной корреляции R выражает степень зависимости независимых переменных X (финансовая грамотность, уровень осведомленности о фондовом рынке и образование) и зависимой переменной Y (принятие решения об инвестировании в ценные бумаги). Множественная R, равная квадратному корню коэффициента детерминации составляет 0,859, то есть модель учитывает 85% вариации зависимого значения, при изменении вышеуказанных факторов, переменная «принятие решения об инвестировании в ценные бумаги» изменится на 73%.

Коэффициент 1,531 показывает, какое значение уровня принятия решения об инвестировании средств в ценные бумаги будет присутствовать, если все независимые переменные в рассматриваемой модели обнуляются. Другими словами, можно утверждать, что на значение анализируемого параметра почти не влияют другие факторы, не описанные в данной модели.

В рамках рассматриваемой модели финансовая грамотность влияет на принятие решения об инвестировании средств в ценные бумаги с весом 0,587.

Коэффициент 0,359 показывает влияние уровня образования на принятие решения об инвестировании в ценные бумаги, т.е. более высокий уровень образования ведет к увеличению принятия положительного решения об инвестировании средств в ценные бумаги. Коэффициент имеет положительное значение. Соотношение между переменными прямо пропорционально.

В то же время, коэффициент осведомленности о фондовом рынке (-0,426) имеет отрицательное значение. Данное может быть объяснено тем, что осведомленность о фондовом рынке, самостоятельно, без наличия базовых знаний о концепции финансов и экономики, а также понимания принципов функционирования финансовых рынков и рисков, сопряженных с участием на финансовых рынках, не может способствовать принятию решения об инвестировании средств в ценные бумаги.

Подробное влияние каждого фактора рассмотрено с помощью однофакторного регрессионного анализа.

2. ANOVA – однофакторный дисперсионный анализ

В целях проведения соответствующих расчетов, ответы респондентов на вопрос «Какую долю доходов Вы направляете на инвестирование в ценные бумаги?» были преобразованы в эквиваленты, приведенные ниже:

Таблица 2 – Числовое значение уровня инвестирования респондентами средств в ценные бумаги (2019)

Ответы, приведенные в анкете	Числовая интерпретация ответа
Наибольшая доля (более 50%)	5
Значительная доля (от 35,01% до 50%)	4
Средняя доля (от 20,01% до 35%)	3
Незначительная доля (от 5,01% до 20%)	2
Наименьшая доля (до 5%)	1
Не осуществляю инвестирование средств в ценные бумаги	0

Далее проведено распределение уровня инвестирования в ценные бумаги в соответствии с количеством правильных ответов на вопросы финансовой грамотности, представленных респондентами.

Таблица 3 – Уровень инвестирования средств в ценные бумаги в зависимости от уровня финансовой грамотности (2019)

Правильные ответы на вопросы финансовой грамотности	Инвестиции в ценные бумаги						Всего
	0	1	2	3	4	5	
0	13	10	3				26
1	2	3	7	3			15
2		4	8	7	1		20
3		1	5	9	10	3	28
4				1	3	4	8
Всего	15	18	23	20	14	7	97

Существенность различий между уровнем инвестирования в ценные бумаги определяется односторонним дисперсионным анализом ANOVA на основе F-критерия Фишера.

Таблица 4 – Уровень инвестиций в ценные бумаги через уровень правильных ответов на вопросы финансовой грамотности (2019)

Anova: Single Factor
SUMMARY

Groups	Count	Сумма	Average	Variance
Вопросы финансовой грамотности	97	219	2,3	2,2
Правильные ответы	97	175	1,8	1,7

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	9,98	1	9,98	5,1	0,025	3,89
Within Groups	374	192	1,95			
Total	384	193				

F-критерий – это отношение выборочных дисперсий S_1^2 and S_2^2 , которые рассматриваются как оценка одной и той же общей дисперсии σ^2 . В то же время числитель F-критерия имеет большую дисперсию.

Для расчета отклонений используем следующие формулы.

Дисперсия между группами:

$$S_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (\bar{y}_j - \bar{y})^2 * n_j}{m - 1}$$

Дисперсия в группе:

$$S_2^2 = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} (y_{ij} - \bar{y}_j)^2}{n - m};$$

Общая дисперсия:

$$S^2 = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} (y_{ij} - \bar{y})^2}{n - 1}.$$

Числители этих формул являются суммами квадратов отклонений. Согласно правилу для дополнений отклонений:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} (y_{ij} - \bar{y})^2 = \sum_{j=1}^m (\bar{y}_j - \bar{y})^2 * n_j + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} (y_{ij} - \bar{y}_j)^2.$$

В результате расчетов получаем следующие значения дисперсии:

$$S_1^2 = \frac{9.98}{1} = 9.98; \quad S_2^2 = \frac{374}{192} = 1.95;$$

Далее определяем значение критерия по формуле:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} = \frac{9.98}{1.95} = 5.1$$

Критическое значение F-критерия на уровне значимости $\alpha = 0.05$ составляет 3,9.

$F_{\text{calc}} < F_{\text{tab}}$. Таким образом, на уровне значимости $\alpha = 0,05$ доказываем, что существенность различий между уровнями инвестиций в ценные бумаги статистически незначима.

3. Однофакторный регрессионный анализ

По результатам проведенного социологического исследования проведем статистический анализ. В ходе статистического анализа осуществляем проверку наличия связи между несколькими факторами, а также оцениваем направление и силу этих взаимосвязей, если таковые имеются.

В качестве независимых факторов, которые будут использованы для оценки их влияния на уровень инвестирования в ценные бумаги, в рамках социологического исследования выдвинуты:

- 1) финансовая грамотность;
- 2) осведомленность о фондовом рынке;
- 3) уровень образования;

В качестве эффективного фактора используем уровень инвестиций в ценные бумаги, оцениваемые респондентами.

3.1 Оценка связи между финансовой грамотностью и уровнем инвестирования в ценные бумаги

Основываясь на результатах социологического опроса, проводим статистический анализ, чтобы выявить наличие связи между особенностями, в то время как финансовая грамотность используется в качестве факторной характеристики, а уровень инвестирования в ценные бумаги используется в качестве показателя эффективности.

На основе результатов опроса были получены следующие оценки рассматриваемых факторов.

Таблица 5 – Уровень финансовой грамотности (2019)

Количество правильных ответов на вопросы финансовой грамотности	0	1	2	3	4
Количество респондентов	26	15	20	28	8

В рамках применяемой модели определено, что финансово грамотными признаются респонденты, ответившие правильно более чем на 3 вопроса.

Таблица 6 – Уровень инвестирования в ценные бумаги в зависимости от уровня финансовой грамотности (2019)

Уровень инвестирования в ценные бумаги	Количество правильных ответов на вопросы финансовой грамотности					Всего
	0	1	2	3	4	
0	13	2				15
1	10	3	4	1		18
2	3	7	8	5		23
3		3	7	9	1	20
4			1	10	3	14
5				3	4	7
Всего	26	15	20	28	8	97

Чтобы определить взаимосвязь между рассматриваемыми признаками, используем «Гипотезу равенства значений», которая может рассматриваться как гипотеза о связи, если сравниваются средние значения, обусловленные действием фактора. Гипотеза проверена с использованием t-критерия Стьюдента.

Рассчитываем значение t-критерия по следующей формуле:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{S^2(n_1^{-1} + n_2^{-1})}},$$

где S^2 – выборочная оценка общей дисперсии, рассчитываемая по формуле:

$$S^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2 + \sum (y - \bar{y})^2}{n_1 + n_2 - 2}.$$

В рассматриваемом примере получаем следующее значение t-критерия 13,1342.

Критическое значение критерия Стьюдента на уровне значимости 0,05 с числом степеней свободы в размере $n_1 + n_2 - 2$ составляет 1,98.

Исходя из того, что $t_{\text{calc}} > t_{\text{tab}}$, приходим к выводу, что различия сравниваемых величин статистически значимы. То есть различия в средних значениях между уровнем финансовой грамотности и уровнем инвестирования в ценные бумаги не могут быть объяснены случайными факторами, между этими факторами существует взаимосвязь.

Для регрессионного анализа предполагаем, что связь между факториалом и характеристиками эффективности является линейной, кроме того, в большинстве случаев нелинейные формы связи преобразуются в линейную форму для выполнения вычислений.

Параметры простейшего уравнения линейной связности вида: $\hat{y} = a_0 + a_1x$, оцениваются методом наименьших квадратов:

$$a_1 = \frac{\overline{xy} - \bar{x}\bar{y}}{\overline{x^2} - \bar{x}^2}; a_0 = \bar{y} - a_1\bar{x}.$$

В результате проведенных расчетов получаем следующее уравнение однофакторной (парной) линейной корреляции: $\hat{y} = 0,912x + 0,613$.

Параметр a_1 этого уравнения является индикатором направления и силы связи между рассматриваемыми явлениями, то есть когда среднее значение факторного признака x (финансовой грамотности) изменяется на 1 единицу, среднее значение y (уровень инвестирования в ценные бумаги) изменится на 0,912 ед.

Параметр a_0 представляет собой среднее значение y в точке $x = 0$, экономическая интерпретация этого параметра затруднена, его обычно интерпретируют как влияние других факторов, не включенных в уравнение регрессии.

Чтобы продолжить анализ, находим значение \hat{y} (оцененный уровень инвестирования в ценные бумаги с помощью уравнения регрессии) для каждого значения независимой переменной (x).

Из-за ограниченного размера выборки по отношению к населению в целом все рассчитанные индексы регрессии и корреляции, а также оцененные параметры уравнения регрессии могут быть искажены действием случайных факторов. Чтобы проверить, являются ли эти показатели характерными для всего населения, являются ли они результатом совпадения случайных обстоятельств, необходимо проверить адекватность построенной статистической модели.

Значимость параметров полученного уравнения проверяем с помощью t -критерия Стьюдента. Для этого находим рассчитанное (фактическое) значение t -критерия для каждого параметра уравнения регрессии по формулам:

$$t_{a_0} = |a_0| \frac{\sqrt{n-2}}{\sigma_{оцм}}; \quad t_{a_1} = |a_1| \frac{\sqrt{n-2}}{\sigma_{оцм}} \sigma_x,$$

где n – размер выборки, σ_{rem} – стандартное отклонение y от расчетного значения \hat{y} , σ_x – стандартное отклонение независимой переменной x от ее среднего значения.

Чтобы распространить заключение о существовании тесной прямой связи между изучаемыми факторами для всей совокупности, оцениваем значимость коэффициента корреляции r с помощью t -критерия Стьюдента и рассчитываем его значение по формуле:

$$t_{a_1} = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}},$$

где $(n - 2)$ – количество степеней свободы при заданном уровне значимости α и размер выборки n .

В результате расчетов получаем следующие значения t -критерия: $t_{a_0} = 3,9699$, $t_{a_1} = 13,1342$.

Критическое значение t -критерия определено с помощью таблицы t -критерия Стьюдента. Уровень значимости α был выбран на уровне 0,05 и число степеней свободы вычислили по формуле $v = n - 2 = 97 - 2$, что составляет 95.

$$t_{tab} = 1,98.$$

$t_{a_1} > t_{tab}, t_{a_0} > t_{tab}$, следовательно, параметры a_1 и a_0 являются статистически значимыми и могут быть распространены на все население.

Так как $t_{a_1} > t_{tab}$, то при выбранном уровне значимости α коэффициент линейной корреляции считается значительным, то есть можно утверждать, что изменение уровня инвестирования в ценные бумаги находится под прямым и непосредственным воздействием изменения уровня финансовой грамотности, влияние случайных факторов минимально.

Дополнительная обоснованность корректировки регрессионной модели осуществляется с помощью корреляционного анализа. Для этого сила корреляционных отношений определяется переменными x и y . Принимая во внимание использование линейной формы уравнения регрессии для измерения силы взаимосвязи между рассматриваемыми явлениями, также можно использовать коэффициент линейной корреляции.

Этот коэффициент также можно рассчитать несколькими способами. Учитывая ограниченное количество значений в образце, используем следующую формулу:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

По результатам социологического исследования рассчитано значение коэффициента линейной корреляции, которое было установлено на уровне 0,803. Близость коэффициента к 1 указывает на то, что взаимосвязь между рассматриваемыми показателями является сильной. Квадрат коэффициента линейной корреляции r^2 называется линейным коэффициентом детерминации, его числовое значение всегда заключено в диапазоне от 0 до 1. В нашем случае $r^2 = 0,645$. Этот коэффициент обозначает долю дисперсии уровня инвестирования в ценные бумаги (y), что объясняется рассматриваемой моделью, то есть уровнем финансовой грамотности (x).

Общая оценка адекватности построенной статистической модели (уравнения регрессии) произведено помощью F-критерия дисперсии Фишера. Для проведения дисперсионного анализа было вычислено значение F-критерия по данным, полученным в ходе анализа и социологического исследования (опроса), по следующей формуле:

$$F = \frac{\frac{\sigma_y^2}{\sigma_{rem}^2} * n - m}{m - 1},$$

где m – количество параметров в уравнении регрессии.

Далее сравниваем значение, полученное по формуле, с критическим (табличным) значением критерия для принятого уровня значимости $\alpha = 0,05$ и числа степеней свободы $v_1 = m - 1, v_2 = n - m$.

В результате применения этого метода, получаем следующее:

$F_{calc} = 173, F_{tab} = 3,90, F_{calc} > F_{tab}$, что указывает на адекватность уравнения. В рассматриваемом случае F_{calc} в несколько раз превышает критическое значение F_{tab} , что указывает на адекватность созданной статистической модели и возможность ее дальнейшего практического использования.

3.2. Оценка взаимосвязи между осведомленностью о фондовом рынке и уровнем инвестирования в ценные бумаги

Основываясь на результатах социологического исследования, автор получил следующие оценки рассматриваемых факторов.

Таблица 7 – Оцениваемый уровень осведомленности о фондовом рынке (2019)

Уровень осведомленности о фондовом рынке	Количественный эквивалент
Высокий Респондент имеет глубокие знания в области деятельности фондового рынка; осведомлен о том, как работают фондовые рынки, а также какие факторы влияют на фондовые рынки; осведомлен о различных инструментах фондового рынка и рисках, присущих им; осведомлен о функционировании различных фондовых индексов; как правило, посещает сайт фондовой биржи; знает, где и как искать информацию о фондовых рынках; имеет опыт инвестирования в ценные бумаги	4
Средний Респондент имеет понимание о большинстве из указанных областей	3
Низкий Респондент имеет общее представление только о некоторых из указанных областей	2
Не осведомлен	1

Таблица 8 – Оценка влияния уровня осведомленности о фондовом рынке на уровень инвестирования в ценные бумаги (2019)

Уровень осведомленности о фондовом рынке	Уровень инвестирования в ценные бумаги						
	0	1	2	3	4	5	Всего
1	8	8					16
2	7	7	18	3	2	1	38
3		3	5	14	8	3	33
4				3	4	3	10
Всего	15	18	23	21	14	7	97

Как и в представленных ранее примерах, определяем наличие связи между рассматриваемыми детерминантами с помощью «Гипотезы равенства средств», а также для проверки выдвинутой гипотезы – t-критерии Стьюдента. Вычисленное значение критерия Стьюдента в данном случае равно - 10,2.

Критическое значение критерия Стьюдента на уровне значимости 0,05 с числом степеней свободы в размере $n_1 + n_2 - 2$ составляет 1,98.

Исходя из того, что $t_{calc} > t_{tab}$, приходим к выводу о наличии взаимосвязи между уровнем осведомленностью о фондовом рынке и уровнем инвестирования в ценные бумаги.

Далее оцениваем параметры простейшего линейного уравнения формулы: $\hat{y} = a_0 + a_1 x$, используя метод наименьших квадратов: $\hat{y} = -1,215x + 5,453$.

Основываясь на полученных данных, необходимо констатировать, что, когда среднее значение уровня осведомленности о фондовом рынке (x) изменяется на 1 единицу, среднее значение уровня инвестирования в ценные бумаги (y) изменится на -1 215 единиц.

Значимость параметров полученного уравнения проверяем с помощью t-критерия Стьюдента. В результате расчетов получаем следующие значения t-критерия: $t_{a_0} = 16,5$
 $t_{a_1} = -10,2$

Критическое значение t-критерия определяем с помощью таблицы t-критерия Стьюдента. Для целей данного исследования, критическое значение t-теста для уровня значимости α равно 0,05, а число степеней свободы вычисляется по формуле $v = n - 2 = 97 - 2$ и составляет 95: $t_{tab} = 1,98$.

Так как $t_{a_1} > t_{tab}$, можно утверждать, что изменение уровня инвестирования в ценные бумаги находится под прямым и непосредственным воздействием изменения уровня осведомленности о фондовом рынке.

Далее определяем силу корреляционной зависимости между переменными x и y, используя коэффициент линейной корреляции.

Этот коэффициент также можно рассчитать несколькими способами. Учитывая ограниченное количество значений в образце, используем следующую формулу:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} = 0,724$$

Близость коэффициента к 1 указывает на то, что взаимосвязь между уровнем осведомленности о фондовом рынке и уровнем инвестирования в ценные бумаги является сильной. Линейный коэффициент детерминации $r^2 = 0,524$. Этот коэффициент обозначает долю дисперсии в уровне инвестирования в ценные бумаги (y), что объясняется отсутствием осведомленности о фондовом рынке (x).

$\hat{\eta} = r = 0,8724$, следовательно, гипотеза о линейности отношений между уровнем осведомленности о фондовом рынке и уровнем инвестирования в ценные бумаги статистически оправдана.

Общая оценка адекватности построенной статистической модели (уравнения регрессии) произведена с помощью F-критерия дисперсии Фишера по следующей формуле:

$$F = \frac{\frac{\sigma_y^2}{\sigma_{rem}^2} * n - m}{m - 1}$$

где m – количество параметров в уравнении регрессии.

В результате применения этого метода получаем следующее: $F_{calc} = 104$, $F_{tab} = 3,90$, $F_{calc} > F_{tab}$, что указывает на адекватность уравнения.

3.3. Оценка связи между уровнем образования и уровнем инвестирования в ценные бумаги

Результаты социологического опроса позволили получить следующую оценку рассматриваемых факторов.

Таблица 9 – Оценка влияния уровня образования на уровень инвестирования в ценные бумаги (2019)

Уровень образования (где 1 – без образования; 2 – среднее образование; 3 – высшее образование; 4 – послевуз. проф. образование)	Уровень инвестирования в ценные бумаги						
	0	1	2	3	4	5	Всего
1							
2	8	8	11	7	6	2	42
3	6	9	12	13	8	4	52
4	1	1	0	0	0	1	3
Всего	15	18	23	20	14	7	97

С определением наличия связи между рассматриваемыми детерминантами с помощью «Гипотезы равенства значений» рассчитываем значение t-теста Стьюдента:

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{S^2(n_1^{-1} + n_2^{-1})}} = 8.$$

Критическое значение критерия Стьюдента на уровне значимости 0,05 с числом степеней свободы в размере $n_1 + n_2 - 2$ составляет 1,98.

Исходя из того, что $t_{\text{calc}} > t_{\text{tab}}$, можно сделать вывод о том, что различия сравниваемых величин статистически значимы. То есть различия в средних значениях между уровнем образования и уровнем инвестирования в ценные бумаги не могут быть объяснены случайными факторами, между этими детерминантами существует связь.

Далее необходимо оценить параметры уравнения регрессии с использованием метода наименьших квадратов, что приводит к следующему уравнению: $\hat{y} = 1,049x - 0,047$.

Значимость параметров полученного уравнения необходимо проверить с помощью t-критерия Стьюдента. В результате расчётов получаем следующие значения t-теста: $t_{a_0} = -0,2$, $t_{a_1} = 8$.

С помощью таблицы t-критерия Стьюдента определяем критическое значение t-критерия. Критическое значение t-теста на уровне значимости $\alpha=0,05$ и число степеней свободы $v = n - 2 = 97 - 2 = 95$: $t_{\text{tab}} = 1,98$. $t_{a_1} > t_{\text{tab}}$, $t_{a_0} > t_{\text{tab}}$, следовательно, параметры a_1 и a_0 являются статистически значимыми и могут быть распространены на все население.

Так как $t_{a_1} > t_{\text{tab}}$, то при выбранном уровне значимости α коэффициент линейной корреляции считается значительным, то есть можно утверждать, что изменение уровня инвестирования в ценные бумаги находится под прямым и непосредственным воздействием изменения уровня образования, влияние случайных факторов минимально.

Далее определяем силу корреляционной связи между переменными x и y , используя коэффициент линейной корреляции с применением следующей формулы:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}} = 0,636.$$

Близость коэффициента к 1 указывает на то, что взаимосвязь между рассматриваемыми показателями является сильной. Квадрат коэффициента линейной корреляции r^2 равно 0,404 и обозначает долю отклонения в уровне инвестирования в ценные бумаги (y), что объясняется уровнем образования населения (x). $\hat{r} = r = 0,636$, следовательно, гипотеза о линейности связи между уровнем инвестирования в ценные бумаги и уровнем образования населения статистически оправдана.

Общая оценка адекватности построенной статистической модели (уравнения регрессии) произведена с помощью F-критерия дисперсии Фишера:

$$F = \frac{\frac{\sigma_y^2}{\sigma_{rem}^2} * n - m}{m - 1}$$

В результате применения этого метода получаем следующее:

$F_{calc} = 64$ $F_{tab} = 3,90$, $F_{calc} > F_{tab}$, что указывает на адекватность рассчитанного уравнения регрессии.

Как было упомянуто ранее, проведенное социологическое исследование преследовало две основные цели.

1. Определить уровень влияния финансовой грамотности на уровень инвестирования в ценные бумаги.

2. Оценить возможность повышения уровня инвестирования в ценные бумаги при воздействии внешних факторов. Например, способствует ли повышение уровня осведомленности о фондовом рынке или уровня образования на уровень инвестирования в ценные бумаги.

Результаты анализа, проведенного с помощью модели ANOVA, позволили отвергнуть нулевую гипотезу и принять альтернативную гипотезу, т.е. такие детерминанты, как осведомленность о фондовом рынке, финансовая грамотность, уровень образования влияют на уровень инвестирования в ценные бумаги.

Выводы. Для изучения текущего уровня финансовой грамотности в Казахстане, а также оценки его влияния на решение об инвестировании в ценные бумаги было проведено первичное исследование, целью которой являлось.

1. Определение уровня влияния финансовой грамотности на уровень инвестирования в ценные бумаги.

2. Определение возможности повышения уровня инвестирования в ценные бумаги при воздействии внешних факторов. Например, способствует ли повышение уровня осведомленности о фондовом рынке или уровня образования на уровень инвестирования в ценные бумаги.

В рамках исследования были выдвинуты следующие гипотезы.

1. Нулевая гипотеза: финансовая грамотность не влияет на принятие решения об инвестировании в ценные бумаги.

2. Альтернативная гипотеза: финансовая грамотность влияет на принятие решения об инвестировании в ценные бумаги.

По результатам проведенного анализа ANOVA была отвергнута нулевая гипотеза и принята альтернативная гипотеза: такие факторы как осведомленность о фондовом рынке, финансовая грамотность, уровень образования влияют на уровень инвестирования в ценные бумаги.

Литература

1. Zait A., Bertae P. (2014). Financial Literacy – Conceptual Definition and Proposed Approach for a Measurement Instrument. *Journal of Accounting and Management*, 37-42. Получено из <http://journals.univ-danubius.ro/index.php/jam/article/view/2712/2349>
2. Remund D. (2010). Financial Literacy Explicated: The Case for a Clearer Definition in an Increasingly Complex Economy. Получено из onlinelibrary.wiley.com: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1745-6606.2010.01>
3. Klapper L., El-Zoghbi M., Hess J. (2016). Achieving the Sustainable Development Goals: The Role of Financial Inclusion. CGAP.
4. Adams T. (22 October 2018 г.). Why Financial Inclusion Matters. Получено из centerforfinancialinclusion.org: <https://content.centerforfinancialinclusion.org/wp-content/uploads/sites/2/2018/10/Why-Financial-Inclusion-Matters.pdf>
5. The World Bank (2017). The Global Findex Database: Measuring Financial Inclusion and the Fintech Revolution. Получено из openknowledge.worldbank.org: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29510/211259ov.pdf>
6. OECD (June 2013 г.). The role of financial education in financial inclusion: OECD/INFE evidence, policies and illustrative case studies. Получено из microfinancegateway.org: <https://www.microfinancegateway.org/sites/default/files/mfg-en-paper-the-role-of-financial-education-in-financial-inclusion-oecdinfe-evidence-policies-and-illustrative-case-studies-jun-2013.pdf>
7. Grohmann A., Klühs T., Menkhoff L. (26 April 2018 г.). Does Financial Literacy Improve Financial Inclusion? Cross Country Evidence. Получено из rationality-and-competition.de: https://rationality-and-competition.de/wp-content/uploads/discussion_paper/95.pdf
8. Schinasi G.J. (2005). Safeguarding financial stability : theory and practice. Получено из www.imf.org: <https://www.imf.org/External/Pubs/NFT/2005/SFS/eng/sfs.pdf>
9. Dinwoodie J. (2011). Ignorance is Not Bliss: Financial Illiteracy, the Mortgage Market Collapse, and the Global Economic Crisis. *University of Miami Business Law Review*, стр. 181-219.
10. Видянова А. (17 Апрель 2014 г.). Нацбанк помог банкам, которые подверглись sms-атаке. Получено из kapital.kz: <https://kapital.kz/finance/29070/nacbank-pomog-bankam-kotorye-podverglis-sms-atake.html>

References

1. Zait A., Bertae P. (2014). Financial Literacy – Conceptual Definition and Proposed Approach for a Measurement Instrument. *Journal of Accounting and Management*, 37-42. Получено из <http://journals.univ-danubius.ro/index.php/jam/article/view/2712/2349>
2. Remund D. (2010). Financial Literacy Explicated: The Case for a Clearer Definition in an Increasingly Complex Economy. Получено из onlinelibrary.wiley.com: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1745-6606.2010.01>
3. Klapper L., El-Zoghbi M., Hess J. (2016). Achieving the Sustainable Development Goals: The Role of Financial Inclusion. CGAP.
4. Adams T. (22 October 2018 г.). Why Financial Inclusion Matters. Получено из centerforfinancialinclusion.org: <https://content.centerforfinancialinclusion.org/wp-content/uploads/sites/2/2018/10/Why-Financial-Inclusion-Matters.pdf>
5. The World Bank (2017). The Global Findex Database: Measuring Financial Inclusion and the Fintech Revolution. Получено из openknowledge.worldbank.org: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29510/211259ov.pdf>
6. OECD (June 2013 г.). The role of financial education in financial inclusion: OECD/INFE evidence, policies and illustrative case studies. Получено из

microfinancegateway.org: <https://www.microfinancegateway.org/sites/default/files/mfg-en-paper-the-role-of-financial-education-in-financial-inclusion-oecdinfe-evidence-policies-and-illustrative-case-studies-jun-2013.pdf>

7. Grohmann A., Klühs T., Menkhoff L. (26 April 2018 г.). Does Financial Literacy Improve Financial Inclusion? Cross Country Evidence. Получено из rationality-and-competition.de: https://rationality-and-competition.de/wp-content/uploads/discussion_paper/95.pdf

8. Schinasi G.J. (2005). Safeguarding financial stability : theory and practice. Получено из www.imf.org: <https://www.imf.org/External/Pubs/NFT/2005/SFS/eng/sfs.pdf>

9. Dinwoodie J. (2011). Ignorance is Not Bliss: Financial Illiteracy, the Mortgage Market Collapse, and the Global Economic Crisis. University of Miami Business Law Review, стр. 181-219.

10. Vidyanova A. (April 17, 2014). The National Bank helped banks that were subjected to an SMS attack. Obtained from kapital.kz: <https://kapital.kz/finance/29070/nacbank-pomog-bankam-kotorye-podverglis-sms-atake.html>

**БАЯХМЕТОВА А.Т. – э.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ-Неміс университеті)
САРЖАНОВ Т.С. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)**

МУСАЕВА Г.С. – т.ғ.д., профессор (Алматы қ., Логистика және көлік академиясы)

БАЯХМЕТОВА Ләз.Т. – э.ғ.к., аға оқытушы (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

ҚАРЖЫЛЫҚ САУАТТЫЛЫҚ ҚАҒАЗМЕТТІ ҚҰРАЛДАРҒА ШЕШІМДЕРДІ ОРЫНДАУ ФАКТОРЫ БОЛЫП

Аңдатпа

Халықтың қаржылық сауаттылығын арттыру Бағдарламасын іске асыру шеңберінде 2018 жылы Ұлттық Банк бағдарламаны іске асыру тиімділігінің көрсеткіші және халықтың қаржылық сауаттылығын арттыру саласындағы кейінгі бағдарламалық құжаттарды жасау және іске асыру үшін өзіндік «бастау» нүктесі ретінде қаржылық сауаттылық деңгейіне әлеуметтік зерттеу жүргізуді бастады.

Көрсетілген мақсаттар үшін Ұлттық Банк жаңартылған сайтты қалпына келтірді және жұмыс істейді fingramota.kz, онда қаржылық сауаттылық, Қаржылық жаңалықтар және бейнематериалдар бойынша материалдар орналастырылады (Қазақстан Республикасының Ұлттық Банкі).

Алдыңғы қаржылық сауаттылықты арттыру бағдарламасы аяқталған күннен бастап үш жыл өткен соң Қазақстанда 2020-2024 жылдарға арналған қаржылық сауаттылықты арттыру Тұжырымдамасы бекітілді (Қазақстан Республикасы Қаржы нарығын реттеу және дамыту агенттігі, 2020).

Түйінді сөздер: *қаржылық сауаттылық, қаржылық тұжырымдамалар, жаһандану, экономикалық өсу, ақпараттық технологиялар.*

BAYAKHMETOVA A.T. – d.e.s., professor (Almaty, Kazakh-German university)

SARZHANOV T.S. – d.t.s., professor (Almaty, Kazakh university ways of communications)

MUSAYEVA G.S. – d.t.s., professor (Almaty, Academy of logistics and transport)

BAYAKHMETOVA Lyaz.T. – c.e.s., senior lecturer (Almaty, Kazakh university ways of communications)

FINANCIAL LITERACY AS A FACTOR PROMOTING DECISION TO INVEST IN SECURITIES

Abstract

As part of the implementation of the Program to improve financial literacy of the population in 2018, the National Bank began conducting a sociological study of the level of financial literacy as an indicator of the effectiveness of the Program and a kind of "starting point" for the creation and implementation of subsequent program documents in the field of improving financial literacy of the population.

For these purposes, the National Bank has been restored and updated site functions fingramota.kz hosting the materials on financial literacy, financial news, and videos (of the national Bank of the Republic of Kazakhstan).

After three years from the date of completion of the previous program of financial literacy in Kazakhstan was approved by the Concept of financial literacy for the years 2020-2024 (Agency of the Republic of Kazakhstan on regulation and development of the financial market, 2020).

Keywords: *financial literacy, financial concepts, globalization, economic growth, information technologies.*

УДК 336

БАЙМУХАНБЕТОВ А.Б. – старший преподаватель (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

ПОСЛЕДСТВИЯ ДОЛГОВЫХ ФИНАНСОВЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ ДЛЯ РЕАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ

Аннотация

В данной статье речь идет о проблеме образования государственного долга субъекта Республики Казахстан. Поднимается актуальный вопрос о необходимости поиска и разработки путей выхода из долгового кризиса. Рассматривается понятие государственного долга, определяются основные формы долговых обязательств субъектов Республики Казахстан. В статье приведен анализ государственного долга субъекта Республики Казахстан, а также порядок осуществления мониторинга и оценки качества управления региональными финансами.

Ключевые слова: *государственный кредит, государственные заимствования, бюджетный кредит, государственная гарантия, государственный долг, государственные долговые активы.*

Оценивая экономическую эффективность управления внешним государственным долгом Республики Казахстан, следует сказать о достаточно успешном управлении внешними государственными заимствованиями. Расчеты и анализ различных показателей,

касающихся размеров, структуры и управления внешним государственным долгом показали крайне низкую долговую нагрузку на бюджет с их стороны, что позволяет оптимизировать расходы по их обслуживанию. Качество обслуживания платежей по внешним государственным обязательствам находится на очень высоком уровне.

В любой стране имеются разные трудности, которые вызывают особый интерес. Одной из таких проблем принято считать государственную задолженность и ее воздействие, направленное на деятельность экономики. Данное препятствие стало одним из ключевых факторов в ряде стран, которые обладают экономическими задолженностями перед другими государствами. В экономической сфере при составлении бюджета деятельность органов государственной власти выражается в форме, которая направлена на то, чтобы предоставить обществу все необходимые ресурсы. Поэтому можно выделить два важнейших типа бюджета: сбалансированный, при котором расходы равны доходам и несбалансированный, при котором доходы не соответствуют расходам.

Таким образом, бюджет государства можно разделить на дефицитный и профицитный, при котором выражается положительное сальдо, то есть идет превышение доходов бюджета над его расходами. Когда происходит недостаток денежных средств государственного бюджета, государству необходимо обращаться к помощи заимствования к другим странам [1].

Одним из способов решения проблемы являются внутренние и внешние займы государства, которые превращаются в государственный долг. Государственный долг – это общее количество финансовых займов, взятых государством для покрытия бюджетных дефицитов. Сумма государственного долга выражается либо в национальной валюте, либо в долларах США. Для объективного сравнения она указывается в процентном отношении к валовому внутреннему продукту (ВВП) страны. Он представляет собой задолженности государства прошлых лет, взятых без учета излишков государственного бюджета.

Следует отметить, что понятие государственного долга различными теоретиками дается различное. При этом в конечном итоге для полноценного понимания понятия государственный долг применительно к конкретной стране следует искать, прежде всего, официального толкования этого понятия в различных нормативных правовых актах.

Например, в Законе Республике Казахстан «О государственном и гарантированном государством заимствовании и долге» от 02 августа 1999 года дается следующее понятие: «государственный долг – это сумма Правительственного долга, долга Национального Банка Республики Казахстан и местных исполнительных органов». А в соответствии с принципами национального счетоводства и рекомендациями ЕС в понятие «государственная задолженность» включаются долги центральной государственной администрации и различных ее органов, местных органов власти и различных местных административных структур и системы социального обеспечения. Таким образом, сами понятия, даваемые нормативными правовыми актами различных стран, вносят или выносят из структуры государственного долга отдельные элементы. Как видно из определения, данного в казахстанском законе, к государственному долгу относятся долги Национального Банка Республики Казахстан, а в рекомендациях ЕС отдельно выделяются системы социального обеспечения, что свидетельствует о том, что понятие структуры государственного долга начинается с его официального определения. Ведь когда мы говорим о долге, мы всегда говорим о конкретном долге конкретного лица, в данном случае государства. В связи с чем, для полноценного понимания термина «государственный долг» его нельзя рассматривать в отрыве от официального определения, данного в законодательстве страны, чей долг рассматривается. При этом хотелось бы отметить, что в любом определении всегда присутствуют центральные исполнительные органы власти.

Государственный долг вызван использованием государственных займов в качестве одной из форм привлечения денежных ресурсов для расширения воспроизводства и

удовлетворения общественных потребностей. Причиной возникновения и нарастания государственного долга является постоянный дефицит государственного бюджета. При этом наличие государственного долга не является исключением в экономике, скорее правилом: экономические развитые страны имеют значительный внутренний долг. Однако существует значительная разница в причинах, способах образования и особенностях функционирования этого вида долга в зависимости от страны. В развитых странах государственный долг и вызвавшие его дефициты бюджета представляют собой встроенные в экономический цикл факторы стабилизации экономики и ее развития. Взятые займы у населения, корпораций, банков, других финансовых и кредитных учреждений денежные средства используются производительно и рассматриваются как активы перечисленных заемщиков.

Государственный долг рассматривается как «заем нации самой себе» и не влияет на общие размеры совокупного богатства нации. В связи с вышеизложенным невозможно сказать однозначно, что появление государственного долга связано исключительно с ухудшением экономической ситуации в стране, более того грамотно распорядившись возможностью привлечения заемных средств (и как следствие увеличив государственный долг) возможно не только улучшить экономическую ситуацию в стране и решить остро вставшие социальные проблемы, но и просто использовать его как источник финансирования в соответствии с принципами грамотного финансового менеджмента с большой пользой для своей страны [2].

Государственный долг подразделяется на внутренний и внешний.

Внешний государственный долг – это составная часть государственного долга по внешним займам и другим долговым обязательствам перед кредиторами-нерезидентами. Наличие внешнего долга у страны является нормальной мировой практикой. Однако существуют границы, за пределами которых увеличение государственного внешнего долга становится опасным. Масштабное привлечение займов может привести страну к зависимости от кредиторов. Для относительной характеристики величины государственного долга в мировой практике используются специальные показатели – относительные параметры внешнего долга. Они включают отношение долговых платежей (по погашению и обслуживанию долга) к экспорту товаров и услуг. По классификации Международного банка реконструкции и развития низким уровнем внешней задолженности считается отношение меньше 18%; умеренным – 18-30%. Другими показателями также являются: отношение валового внешнего долга к ВВП (менее 48% – низкая; 48-80% – умеренная задолженность); отношение валового внешнего долга к экспорту товаров и не факторных услуг (менее 132% – низкая; 132-220% – умеренная); отношение платежей вознаграждения к экспорту товаров и не факторных услуг (менее 12% – низкая; 12-20% – умеренная). По сути, наличие внешнего долга предполагает передачу части созданного продукта за пределы страны. Рост внешнего долга снижает международный авторитет страны и подрывает доверие населения к политике ее правительства. Основными кредиторами внешнего долга, как правило, являются: другие государства; международные финансовые организации (такие как Международный валютный фонд, Международный банк реконструкции и развития и др.); Частные фонды – нерезиденты [3].

Внутренний государственный долг – это составная часть государственного долга по внутренним займам и другим долговым обязательствам перед кредиторами-резидентами. Наличие внутреннего долга не является исключением в экономике, а скорее – правилом. Экономически развитые страны, как правило, имеют значительный государственный внутренний долг. Однако значительна разница в причинах, способах образования и особенностях функционирования этого вида долга. Государственный долг и вызвавшие его дефициты могут быть тщательно продуманными и спланированными факторами стабилизации экономики и ее развития.

Определенные отрицательные последствия по его управлению перекрываются положительными эффектами от мобилизации дополнительных финансовых ресурсов в инвестиции или развитие экономики страны. Однако присутствует и ряд отрицательных последствий наличия внутреннего государственного долга: погашение задолженности производится за счет бюджетных средств, т.е. за счет налогоплательщиков: таким образом, происходит переток доходов к владельцам государственных ценных бумаг, как правило, состоятельным слоям общества; для уменьшения долга государство может увеличивать налоги, что может привести к макроэкономическим последствиям, таким как уменьшение инвестиций; действует эффект «вытеснения инвестиций» частных предпринимателей, т.е. выход государства на ссудный рынок усиливает конкуренцию на денежном рынке, что в свою очередь приводит к увеличению процентных ставок на денежный капитал. Это лишает частный сектор какой-то части инвестиций и соответственно «тормозит» экономическое развитие страны.

Основными кредиторами внутреннего долга, как правило, являются: население, корпорации, банки, другие финансовые и кредитные учреждения.

Как отразятся долговые финансовые обязательства на экономику Казахстана?

Как отмечают эксперты Казахстана, экономика республики будет стабильно расти, но темпы роста снизятся. Казахстанская экономика в 2019 году выросла на 3,5 процента. Также отдельные эксперты отмечают то, что в 2020-2021 годах реальный рост ВВП замедлится из-за ослабления внешнего спроса и снижения роста частных инвестиций, так как эффект циклических факторов начнет убывать, а эффект налогового-бюджетного стимулирования, вероятно, начнет сворачиваться. Ко всему этому повлияет всемирная пандемия, возникшая в марте 2020 года, т.е. коронавирус, который якобы по мнениям экспертов будет продолжаться до 2022 года.

Прогнозируется, что инфляция потребительских цен будет дальше следовать по своей текущей снижающейся траектории. Однако в будущем ценовое давление может исходить, как от внешних факторов (рост цен на импортные товары из-за нестабильности валютного курса, например), так и от внутренних факторов (рост заработной платы и дальнейшее ужесточение рынка труда). Благоприятные внешние условия, включая относительно высокие цены на сырье и устойчивый внешний спрос, привел к сбалансированному счету текущих операций в 2019 году и далее. Бюджет в течение прогнозного периода тоже будет более сбалансированным – но нефтяной дефицит снизится до 5,6 процента ВВП к 2021 году, хотя возможная нестабильность цен на нефть и изменения во внешнем спросе будут по-прежнему представлять риски для государственного бюджета [4].

Также прогнозируется, что в результате восстановления доходов домохозяйств, уровень бедности будет следовать по снижающейся траектории и достигнет почти 5 процентов в 2021 году, что намного ниже прошлых уровней. Риски, которые могут изменить позитивные прогнозы, в целом сбалансированы, хотя препятствия для экономического роста сохранятся. Однако в течение следующих двух лет, давление в сторону снижения роста может усилиться из-за нескольких факторов. Так, дальнейший рост геополитической напряженности и усиление протекционизма в торговле может привести к замедлению активности мировой экономики и уменьшению спроса на нефть и другие сырьевые товары. Эти факторы, в сочетании с ужесточением процентных ставок в передовых экономиках, может привести к снижению цен на нефть и, следовательно, к ухудшению платежного баланса и общего уровня экономического роста в Казахстане. Что касается внутренних факторов, нестабильность валютного курса может привести к усилению инфляционных ожиданий и ужесточению кредитно-денежной политики Национального Банка Казахстана.

Также аналитики прогнозируют падение прямых иностранных инвестиций на 40%. Стагнация иностранных инвестиций станет главным трендом мировой экономики

ближайших двух лет. Уменьшение инвестируемых активов на 540 млрд. долларов будет самым масштабным за последнюю пятилетку. Казахстан, который и так имеет отрицательную динамику по вливанию иностранного капитала, в 2020-2021 годах сможет рассчитывать на гораздо более скудный приток финансов извне.

Кому и сколько должен Казахстан?

Статистика не только знает все, но и зачастую преподносит сюрпризы. Одним из них является сумма нашего внешнего долга Нидерландам. Этой относительно небольшой стране (лишь 131-е место в мире по площади территории, численность населения примерно такая же, как в Казахстане) мы задолжали значительно больше, чем гораздо более крупным государствам.

В лидерах – голландцы и британцы [5].

Как следует из статистики, которую ведут аналитики Национального Банка, по итогам 2019 года внешний долг Казахстана перед Нидерландами составил \$43 млрд. 321,4 млн. Основная часть этой суммы, \$41 млрд. 152,1 млн., пришлось на межфирменную задолженность, к которой относятся все прямые иностранные инвестиции в нашу экономику за исключением покупки акций, взносов в уставный капитал неакционерных предприятий и реинвестированной прибыли, а также обязательства казахстанских предприятий перед своими зарубежными филиалами, дочерними и ассоциированными предприятиями [5].

А главным героем столь значительных инвестиций, в свою очередь, является энергетический гигант «Shell», штаб-квартира которого расположена в Нидерландах, точнее, в Гааге, а материнская компания – «Royal Dutch Shell plc» – зарегистрирована в Великобритании. В Казахстане «Shell» участвует в трех крупных проектах, имеющих ключевое значение для нашей экономики, – соглашении о разделе продукции по Северному Каспию (доля участия 16,81%), СРП по разработке лицензионного участка «Жемчужины» в казахстанском секторе Каспийского моря (55%) и Каспийском трубопроводном консорциуме (5,4%).

Второе место занимает Великобритания с \$24 млрд. 964,2 млн. Структура внешнего долга перед этой страной иная, так как на первом месте здесь идут «другие сектора» с \$13 млрд. 460,9 млн., а за ними следуют сектор государственного управления (\$5 млрд. 36,9 млн.), банки (\$4 млрд. 23,9 млн.) и лишь потом межфирменная задолженность (\$2 млрд. 441,1 млн.) [5].

Такая диверсификация объясняется тем, что британские компании, помимо нефтегазовой отрасли, активно участвуют и в других сферах отечественной экономики, включая финансовый и банковский секторы, консалтинговые и образовательные услуги, транспорт, добычу цветных металлов, производство табачных изделий. А лондонский Сити с его фондовой биржей остается для казахстанского правительства и бизнеса основной площадкой для привлечения иностранных заимствований.

Со значительным отставанием от этих двух стран идет трио в составе Китая (\$13 млрд. 248,4 млн.), США (\$12 млрд. 484,8 млн.) и Франции (\$11 млрд. 285,3 млн.). Далее расположились международные организации (\$9 млрд. 526,1 млн.), а за ними на почтительном расстоянии следуют Россия (\$6 млрд. 939,7 млн.), Япония (\$5 млрд. 626,4 млн.), Гонконг (\$5 млрд. 197,3 млн.) вместе с Виргинскими Британскими островами (\$4 млрд. 112,7 млн.) [5].

Как видно, географическое распределение внешнего долга Казахстана значительно отличается от тех инвестиционных и геополитических стереотипов, которые бытуют в нашей стране и в которых первая скрипка отдается Китаю, США и России, тогда как на самом деле здесь доминируют государства Европейского Союза. Ведь только на Нидерланды, Великобританию и Францию в сумме приходится \$79 млрд. 570,9 млн., или более половины всего внешнего долга нашей страны [5].

Состояние внешнего долга Казахстана за 2019 год.

Внешний долг Казахстана на 1 января 2020 года составил \$156,8 млрд против \$158,8 млрд на 1 января 2019 года, говорится в сообщении Национального Банка страны [6].

Таким образом, за прошлый год внешний долг снизился на 1,3%.

«Отношение внешнего долга к ВВП по итогам 2019 года составил 87,4% по сравнению с 88,6% на конец 2018 года. За 2019 год чистый внешний долг Казахстана увеличился на \$2,5 млрд – до \$49,4 млрд. При этом государственный и финансовый секторы выступают по отношению к остальному миру с позиции чистого кредитора, а нефинансовый корпоративный сектор – с позиции чистого заемщика», – говорится в сообщении.

Из общей суммы 8,5%, или \$13,3 млрд. пришлось на внешний долг госсектора, 3,1%, или \$4,8 млрд. – на банки, 26,4%, или \$41,3 млрд. – другие секторы, не связанные с прямыми инвестициями, 62,1%, или \$97,4 млрд. составляет межфирменная задолженность [6].

Государственный внешний долг (Правительство и Национальный Банк Казахстана) увеличился на \$1 млрд в связи с выпуском Министерством финансов еврооблигаций на 1,2 млрд евро. Кроме того, с учетом роста рыночной стоимости суверенных еврооблигаций и спроса со стороны иностранных инвесторов на краткосрочные ноты Национального Банка чистое увеличение по долговым ценным бумагам достигло \$1,7 млрд. и было частично компенсировано погашением государственных внешних займов (\$713,3 млн.) [6].

Совершенствование системы управления государственным долгом Казахстана.

В целях совершенствования казахстанской системы управления государственным долгом обязательному учету должны подлежать следующие нетипичные для развитых государств особенности долгового и экономического положения Казахстана:

1. Преобладание в структуре государственного долга обязательств перед иностранными кредиторами;

2. Доминирование в структуре задолженности нерыночных долговых обязательств, сформированных, главным образом, в результате привлечения «связанных» и обусловленных кредитов правительств иностранных государств и международных финансовых организаций и активное управление которыми на основе рыночных механизмов является, как минимум, проблематичным;

3. Наличие в долговом портфеле значительного объема ранее реструктурированных обязательств, что свидетельствует о плохом качестве этого портфеля и неудовлетворительной кредитной истории заемщика;

4. Сохраняющаяся сильная зависимость платежеспособности Казахстана от конъюнктуры мировых рынков энергоносителей и сырья;

5. Отсутствие устойчивого доступа к рынку деривативных финансовых инструментов на приемлемых финансовых условиях.

Совершенствование существующей системы управления государственным долгом должно осуществляться, исходя из безусловного обеспечения государственной безопасности в сфере финансов и соблюдения следующих основных принципов:

1. Безусловное выполнение долговых обязательств в соответствии с имеющимися графиками платежей, исключение «сбоев» при переводе средств в счет погашения и обслуживания государственного долга;

2. Соответствие принимаемых решений экономической и финансовой ситуации Казахстана, ее кредитному рейтингу, стимулирование процесса повышения суверенного кредитного рейтинга;

3. Этапность, последовательность и строгая очередность проведения мероприятий по реформированию системы.

По нашему мнению, основанному на результатах анализа соответствующей мировой практики, важнейшими направлениями совершенствования системы управления казахстанской задолженностью должны стать следующие:

1. Пересмотр сложившихся организационно-правовых основ системы управления госдолгом. Правовой механизм системы должен опираться на делегирование соответствующих полномочий государственным органам, вовлеченным в процесс управления задолженностью. Необходимо четкое формулирование сферы их полномочий, функций и сопряженной с ними ответственности, а также обеспечение координации и обмена информацией между ними. Процесс управления долгом должен быть увязан с четкой системой макроэкономических установок, в рамках которых необходимо обеспечивать экономически приемлемые уровни и темпы изменения государственного долга.

Совершенствование правовых механизмов должно быть направлено на развитие процедур, дающих возможность исполнительным органам власти проводить активную политику по управлению государственным долгом, направленную, в частности, на уменьшение расходов по обслуживанию и погашению государственных долговых обязательств и оптимизацию структуры долгового портфеля. Необходимо создать нормативно-правовые условия для перехода на международные стандарты бухгалтерского учета и отчетности по государственному внешнему долгу, а также по долговым обязательствам муниципальных образований и юридических лиц Казахстана, законодательно обеспечить условия для осуществления государственными исполнительными органами власти деятельности по мониторингу состояния задолженности муниципальных образований и частного сектора.

2. Внедрение в повседневную практику механизма, обеспечивающего взаимно увязку решений, принимаемых в процессе выработки и реализации государственной заемной политики, со структурными характеристиками и графиками платежей по погашению обслуживания накопленного объема государственной задолженности. Решения в области государственных заимствований должны приниматься на основе координации процессов управления внешним и внутренним долгом, графиков привлечения займов местными органами государственного управления, а также с учетом особенностей проводимой денежно-кредитной и бюджетно-налоговой политики.

3. Обеспечение общепринятой степени транспарентности государственной долговой политики. Необходимо внедрить в практику регулярное (ежеквартальное, ежегодное) обнародование информации, касающейся основных аспектов сферы управления задолженностью (целей и инструментов текущей долговой политики, основных характеристик портфеля государственных обязательств, результатов аудиторской проверки деятельности в области управления госдолгом, программ предполагаемых заимствований, стратегии государственных мер по формированию эффективного рынка государственных ценных бумаг и др.). При этом имеется в виду, что механизмы, обеспечивающие конфиденциальность оперативной информации по заимствованиям и госдолгу, должны быть не только сохранены, но и укреплены.

4. Закрепление тенденции к отказу от использования в ходе реализации разработанной государственной заемной программы связанного кредитования под государственные гарантии в связи с их низкой экономической эффективностью.

5. Внедрение единой методологии учета долговых обязательств, оптимизация имеющейся системы учета и мониторинга состояния государственной задолженности, проведение работы, направленной на постепенное сосредоточение учетных операций по госдолгу в едином государственном органе (как возможный вариант в специализированном долговом агентстве).

6. Модернизация информационной базы по государственному долгу, ее технического и программного обеспечения по линии использования современных

компьютерных технологий; принятие решения о выборе и установке проверенного мировой практикой высокоэффективного пакета программного обеспечения, используемого в процессе управления суверенной задолженностью.

7. Создание возможностей для анализа и прогнозирования развития долговой ситуации с учетом макроэкономических аспектов; проведение расчета уровня возможных будущих издержек на обслуживание долга на основе результатов исследований способности государственного долгового портфеля противостоять потенциальным экономическим и финансовым потрясениям.

8. Разработка механизма, обеспечивающего проведение мониторинга и анализа присущих процессу управления долгом рисков; расчет рисков альтернативных стратегий управления государственным портфелем долговых обязательств, переход к активному управлению рисками с целью их минимизации.

9. Создание предпосылок, способствующих поиску возможностей перехода к активному управлению государственным долгом, направленному на минимизацию стоимости его обслуживания с использованием рыночных инструментов и благоприятных условий рыночной и политической конъюнктуры.

Практическая реализация всего комплекса вышеуказанных мер могла бы стать, как представляется, существенным вкладом в реформирование казахстанской системой управления государственным долгом, по завершении процесса которого система должна обладать характеристиками, позволяющими:

1. Осуществлять заимствования по мере возникновения соответствующих потребностей государственного бюджета и без проведения дополнительных переговоров с потенциальными кредиторами на основе устойчивых и стабильных связей с инвесторами в форме специальных среднесрочных программ выпуска государственных долговых обязательств в тенге или иностранной валюте;

2. Проводить единую государственную политику в вопросах внутренних и внешних заимствований, а также в вопросах управления государственным внутренним и внешним долгом;

3. Эффективно противодействовать возможному негативному влиянию колебаний валютных курсов и/или процентных ставок на расходы государственного бюджета по погашению и обслуживанию государственного долга;

4. Исключить возможность концентрации платежей по погашению и обслуживанию государственного долга в ограниченные периоды времени;

5. Оперативно изменять структуру государственного долга в зависимости от складывающейся экономической и финансовой конъюнктуры;

6. Обеспечивать поддержание состояния долговой устойчивости Казахстана, исключая возможность возникновения кризисов ликвидности или платежеспособности;

7. Предотвращать принятие экономически необоснованных решений в сфере осуществления государственных заимствований и реализации мероприятий по управлению государственным долгом;

8. Эффективно развивать и поддерживать вторичный рынок долговых обязательств Казахстана;

9. Изготавливать в режиме реального времени любые необходимые формы отчетности о государственном долге, а также о внешнем долге негосударственного сектора экономики;

10. Осуществлять мониторинг заимствований негосударственного сектора экономики.

Литература

1. Вавилов А.П. Государственный долг: уроки кризиса и принципы управления. – 2011.
2. Темиржан Г. О внешних государственных заимствованиях Казахстана.
3. Саркисянц А.Г. Система международных долгов. – М.: Дека, 2009.
4. Вестник Национального Банка Казахстан. – Июнь, 2014.
5. Буранбаева А. Внешний долг. // www.nationalbank.kz
6. Республиканский деловой еженедельник «Курсив». – 25.06.2020 г.
7. Хейфец Б.А. О формировании единой системы управления государственным долгом и зарубежными активами // Экономист. – 2011. – №2.
8. Даулетулы А., Тусеева И.Х. [Внешний долг. Экономика Казахстана // Вестник КазЭУ.](#) – 2011.
9. Страновой экономический меморандум Группы Всемирного банка по Казахстану.
10. Статистический бюллетень. – 2016. – №3(87).
11. Статистический бюллетень Национального Банка Казахстана. – 2018. – №5.
12. Статистический бюллетень Казахстана. – 2019. – №3.

References

1. Vavilov A.P. Public debt: lessons of the crisis and principles of management. – 2011.
2. Temirzhan G. On external state borrowings of Kazakhstan.
3. Sarkisyants A.G. System of international debts. – M.: Deca, 2009.
4. Bulletin of the National Bank of Kazakhstan. – June, 2014.
5. Buranbayeva A. External debt. // www.nationalbank.kz
6. Republican business weekly "Kursiv". – 25.06.2020.
7. Heifets B.A. On the formation of a unified system for managing public debt and foreign assets // Economist. – 2011. – No. 2.
8. Dauletuly A., Tuseeva I.H. External debt. Economy of Kazakhstan // KazEU Bulletin. – 2011.
9. Country Economic Memorandum of the World Bank Group on Kazakhstan.
10. Statistical bulletin. – 2016. – №3(87).
11. Statistical Bulletin of the National Bank of Kazakhstan. – 2018. – No.5.
12. Statistical Bulletin of Kazakhstan. – 2019. – №3.

БАЙМУХАНБЕТОВ А.Б. – аға оқытушы (Алматы қ., Қазақ қатынас жолдары университеті)

НАҚТЫ ЭКОНОМИКА ҮШІН БОРЫШТЫҚ ҚАРЖЫЛЫҚ МІНДЕТТЕМЕЛЕРДІҢ САЛДАРЫ

Аңдатпа

Бұл мақалада Қазақстан Республикасы субъектісінің мемлекеттік қарызын қалыптастыру мәселесі туралы айтылады. Қарыз дағдарысынан шығу жолдарын іздеу және әзірлеу қажеттілігі туралы өзекті мәселе көтерілуде. Мемлекеттік борыш ұғымы қарастырылады, Қазақстан Республикасы субъектілерінің борыштық міндеттемелерінің негізгі нысандары айқындалады. Мақалада Қазақстан Республикасы субъектісінің мемлекеттік борышына талдау, сондай-ақ өңірлік қаржыны басқару сапасын мониторингілеу мен бағалауды жүзеге асыру тәртібі келтірілген.

Түйінді сөздер: мемлекеттік несие, мемлекеттік қарыз алу, бюджеттік несие, мемлекеттік кепілдік, мемлекеттік қарыз, мемлекеттік борыштық активтер.

BAIMUKHANBETOV A.B. – senior lecturer (Almaty, Kazakh university ways of communications)

CONSEQUENCES OF DEBT FINANCIAL OBLIGATIONS FOR THE REAL ECONOMY

Abstract

This article deals with the problem of the formation of the state debt of the subject of the Republic of Kazakhstan. An urgent question is raised about the need to find and develop ways out of the debt crisis. The concept of public debt is considered, the main forms of debt obligations of the subjects of the Republic of Kazakhstan are determined. The article provides an analysis of the public debt of the subject of the Republic of Kazakhstan, as well as the procedure for monitoring and evaluating the quality of regional financial management.

Keywords: *state loan, state borrowings, budget loan, state guarantee, state debt, state debt assets.*

BBK 81.2

BOKENKYZY A. – teacher (Almaty, Almaty technical-economical college of way communication)

TEACHING ENGLISH IN TECHNICAL UNIVERSITIES

Abstract

This article presents an analysis of different methods of teaching a foreign language. The right choice of technique and approach helps to motivate students of non-linguistic specialties and forms the interest to foreign language learning.

Key words: *approach, professional activity, motivate, project.*

At the end of the XX century there was a "revolution" in the methods of teaching English in Kazakhstan. Previously, all priorities were given to grammar, almost mechanical mastery of vocabulary, reading and literary translation. These are the principles of the "old school", which (you have to hand it to them) did bear fruit, but at what cost? Mastering the language was carried out through long, routine work. Tasks were rather monotonous: reading a text, translation, memorizing new words, retelling exercises from the text. When priorities were given to reading and working on "topics", only one function of language - informative - was realized. Unsurprisingly, only a few knew the language well: only very dedicated and hardworking people could master it at a high level. But in degree of proficiency in grammar they could easily compete with Cambridge graduates! True, they were well compensated for their efforts: the profession of foreign language teacher or translator was considered very prestigious in our country. Nowadays, to achieve what is still a high social status also requires a lot of hard work, persistence and daily effort. The offer is more and more consumer-oriented. Why, for example, would a secretary need to acquire knowledge about the palatalization of consonants or the actual division of English sentences? The secretary-referent or manager, who has an 8-hour, or, as they say now, "monopoly", office job, is oriented to the development of very specific knowledge and

skills, that is, to the consumption of a particular segment of the market of educational offers in English language learning. Language teaching has become applied, whereas before it was relatively abstract and theorized. The functions of the teacher in the educational process have changed considerably. The teacher-mentor, teacher-dictator have been replaced by teacher-observer, teacher-intermediary, teacher-peacemaker and leader. It is the teacher in the majority of modern - Russian and foreign - courses who is the organizer of group interaction. The teacher today is not constrained in their choice: methods and techniques of teaching - from games and training to simultaneous interpretation; in the organization of classes; in the choice of textbooks and teaching aids - from a wide range of domestic publications to the products of Oxford, Cambridge, London, New York and Sydney. The teacher can now select, create, combine, and modify. He is also proficient in various methods of teaching a foreign language. Let's look at the most common ones.

Fundamental Methodology. This is really the oldest and most traditional method. The fundamental methodology is seriously relied upon in language schools. An interpreter is never confident in his knowledge of a foreign language; he is well aware of unpredictability of arising speech situations. Studying by the classical method, students not only operate with all kinds of lexical layers, but also learn to look at the world through the eyes of a "native speaker" - a native speaker. Perhaps the most famous representative of the classical method of teaching a foreign language is N.A. Bonk. Her textbooks of English, written in collaboration with other authors, have long been classics of the genre and have withstood the competition of recent years. The classic approach to learning a foreign language. The classical course is aimed at students of different ages and most often involves learning the language "from scratch". The teacher's tasks include traditional, but important aspects of pronunciation, the formation of a grammatical base, the elimination of the psychological and linguistic barriers to communication. "Classic" has not changed the goals, but the methods, due to the new approach, are already different. The classical approach is based on the understanding of language as a real and full-fledged means of communication, which means that all language components - oral and written speech, listening, etc. - should be developed in a planned way. - All language components - speaking, writing, listening, etc. - need to be developed in a systematic and harmonious way. Classical methods partly turn language into an end in itself, but this cannot be considered a disadvantage. Such a comprehensive approach aims primarily to develop students' ability to understand and create speech. The method assumes classes with Russian teachers, but this order (although not quite "fashionable") cannot be considered a disadvantage: a non-native speaker teacher has an opportunity to analyze and compare two language systems, compare constructions, convey information better, explain grammar rules, and prevent possible errors.

The linguo-sociocultural method. One of the most serious and comprehensive methods of learning a foreign language is the linguo-sociocultural method, which appeals to such a component as the social and cultural environment. Proponents of this method firmly believe that a language loses its life when teachers and students aim to master only "lifeless" lexical and grammatical forms. Someone remarked that "personality is a product of culture. So is language. And the most convincing proof of this is our linguistic errors. The linguo-sociocultural method takes into account the simple fact that 52% of mistakes are made under the influence of the mother tongue, and 44% lie within the language we learn. In the past, the focus was on speech correctness; now, beyond that, the focus is on meaningfulness. What matters is the meaning of the information conveyed, that is, the communicative level, because in any case the ultimate goal of communication is to be understood.

Communicative approach. The first line in the rating of popularity of techniques actively holds the communicative approach, which, as its name suggests, is aimed at the practice of communication. This technique perfectly "works" in Europe and the United States. The communicative method, as its name already implies, is aimed precisely at the possibility of communication. Of the 4 pillars upon which all language training is based (Reading, Writing,

Speaking and Listening) we place a great deal of emphasis on the last two. You will not hear particularly complex syntactic structures or serious vocabulary. It would be a mistake to think that the communicative method is only for small talk. The communicative method is designed, first and foremost, to remove the fear of communicating. A person armed with a standard set of grammatical structures and a vocabulary of 600-1000 words can easily find a common language in an unfamiliar country. However, there is also the reverse side of the medal: the clichéd phrases and the poor vocabulary. Add to this a mass of grammatical mistakes and you realize that the only way to avoid the reputation of, let us say, an unintelligent interlocutor is increased attention to partners, knowledge of etiquette and a constant desire to improve. British methods, as representatives of the communicative approach, have a number of distinctive features. The majority of them are developed on the basis of integration of traditional and modern methods of teaching. The differentiation on age groups and the multilevel approach allow the development of an individual human personality, influence its outlook, system of values, self-identification, ability to think. To put it simply, the individual approach, which is popular today, is at the top of the list. All British methods without exception are aimed at the development of four language skills: reading, writing, speaking, and listening. At the same time, great emphasis is placed on the use of audio, video, and interactive resources. Due to the variety of methods, of which one of the leading positions is taken by language technology, British courses help students develop the skills necessary for modern business life (ability to make a report, give a presentation, carry on correspondence and so on). The undeniable "pluses" of British developers are preparation of the course on the basis of authentic material, great attention to stylistics, intention to teach "situational" and "live" English through "real" examples of semi-real characters. Some (but by no means all) methods are characterized by a good systematization of the material. British methods are probably the best option for those who want to learn "real English" or have a specific linguistic training goal.

The intensive method. The intensive method of teaching English is becoming very popular. It helps those for whom the phrases "time is money" and "money is time" are equivalent. To study English intensively allows for a high degree of boilerplate - this language consists of clichés by 25%. Memorizing and practicing a certain range of "stable expressions", you will basically be able to explain yourself and understand your interlocutor. As for the timing, then learn even the most basic level of English "in two weeks" is difficult and in a fantastic dream, but for 2-3 months - already more realistic.

Emotional and semantic method. The Bulgarian psychiatrist Lozanov, who worked with patients according to his own method of psychocorrection, stands at the origins of the emotional and semantic method of learning foreign languages. Kitaygorodskaya School has been working for 25 years using the method of the same name, based on a combination of Lozanov's developments and the fundamental course, and accepts both adults and children [1].

Preparation for tests and qualification exams. To pass the test effectively, it is best to apply to a language school or courses that have been specializing in preparing students for certain certificates for quite some time (someone is working with the U.S. on the method TOEFL; there are colleges that help get the ESOL certificate of Pitman University (UK); most courses give the opportunity to get the CAE or GMAT). The tests are divided into levels, and the method of preparation depends primarily on the knowledge base of the student. It should be taken into account that the test does not give any additional knowledge, it is only a check and certification of already existing "baggage". Therefore, test methods do not serve for learning a language: they help students to better present themselves at the exam, encourage them to repeat sections of grammar and vocabulary, orienting them to specific forms of work. The top flight of test methods is preparation for foreign exams. If you are aiming for their successful passing, you need not only knowledge, but also speed, the ability to concentrate, discard unnecessary information, highlight the main thing, as well as the ability to show maximum creativity in writing an essay. Getting a diploma or certificate is a qualification and a guarantee of

employment, so it requires a particularly serious approach and preparation. So, in the domestic methodological market there are products for all tastes, and it remains only to decide on the goals, means, and most importantly - methods. Then the choice of courses and training program will not be so difficult [1]. Thus, an English teacher is free to choose methods and approaches depending on the tasks he or she faces. In addition to the right choice of methodology, the teacher should motivate the student, especially the student of non-linguistic specialties, or, in other words, to form an interest in learning foreign languages. Today innovations in higher education aimed, firstly, at forming the personality of a university graduate as a professional; secondly, at forming his/her ability to scientific and technical activity; thirdly, at updating the content of the educational process, as well as at reorienting the priorities in the educational process to the process of self-education are of the greatest relevance. Among the innovative technologies the most promising are: 1) "case technologies" (learning on the basis of concrete learning situations); 2) reflection as a method of self-knowledge and self-assessment and as the technology itself - diagnostic and developing; 3) training technologies (training business communication, personal development, communicative skills); 4) project method. "CaseStudy" consists of several stages: at the first stage there is a study of the text with the description of the situation. The task of students is to find out the essence of the problem independently and determine their own position in assessing the situation, think through the answers to the questions and find concrete ways to solve the problem. The second stage includes work in small groups, exchange of opinions on the circle of problems. Intellectual leaders who are able to suggest ways of solving problems after a group discussion are singled out. The third stage of this technology consists in a group discussion of the problem under the guidance of the teacher. The group expresses its point of view, and the teacher's task is to skillfully guide the process of analyzing the situation, while involving as many students as possible in the discussion.

Among the variety of modern pedagogical technologies of foreign language teaching the technology of project activities deserves close attention. The use of this technology develops students' skills of collective interaction, the ability to work creatively in a team, the ability to accept others' opinions and defend their own. This technology of learning provides activation of personal qualities of students, providing freedom in choosing the theme of the project and further work on it. At the heart of the technology of project activities is the project method. The word "project" is used in modern language in the sense of "to plan", "to develop". The educational project is a joint educational and cognitive, creative or game activity of students that has a common goal. The project method is a developed technology of using an educational project. Coordinated methods, methods of activity, are aimed at achieving a common result on the solution of some problem, significant for the participants of the project. In the discussion among educators, such designations as project classes aimed at project work, project weeks, and project work are used. The boundaries between these designations are fluid, as there is some terminological vagueness. "Project method" assumes the fact that at the center of the educational process is the active independent activity of the student aimed at creating a specific product, as a result of solving a separate problem taken from real life. Mastering the technique of organizing the project method contributes to the development of intellectual skills of critical thinking, skills of working with information, as well as the ability to work in collaboration. These skills form the basis for successful project activities of students in the global Internet. The use of project technology provides an opportunity for students to participate in international telecommunication projects. International telecommunication projects, which are organized in the global Internet network and include a relevant, significant for young people around the world, are a stimulus for cognitive activity, interest in mastering a foreign language to understand and be understood, acquisition of skills to work with reference and other additional literature, which is a resource of the Internet environment, as well as forming the ability to be open and interact with their foreign peers, including those who acquire the profession of engineering. Multimedia, representing a special kind of computer technology that combines both traditional static visual information

(text, graphics) and dynamic (speech, music, video fragments, animation), causing the simultaneous impact on the visual and auditory senses of students, which allows the creation of dynamically developing images in different information representations (auditory, visual). A characteristic feature of Multimedia technologies in comparison with traditional in the educational process is the presentation of information not only in the form of text, but also in the form of images, which allow to concentrate the attention of students, contribute to a better understanding, comprehension and memorization. Emotional excitement that students experience when working with multimedia systems activates the processes of perception of attention, comprehension, memorization. It is thought that this orientation of learning organization creates favorable conditions for active, creative and productive activity of students, stimulates speech and thinking activity, and significantly increases the effectiveness of the learning process [2]. Profession-oriented teaching of a foreign language in non-language universities requires a new approach to the selection of content. It should be oriented to the latest achievements in a particular sphere of human activity, timely reflect scientific achievements in the spheres directly affecting professional interests of students, provide them with the opportunity for professional growth. Thus, it will be legitimate to consider the content of foreign language teaching in higher education as a set of what students should learn in the learning process so that the quality and level of foreign language proficiency corresponded to their needs and goals, as well as the goals and objectives of this level of training. The selection of content is designed to promote versatile and holistic formation of the student's personality, preparing him/her for future professional activities. The essence of professionally oriented teaching of a foreign language consists in its integration with special disciplines in order to gain additional professional knowledge and form professionally significant personal qualities. Training specialists in non-linguistic universities consists in forming communicative skills, which would allow carrying out professional contacts in a foreign language in different situations. The main and ultimate goal of training is to ensure that students of non-linguistic specialties have an active command of a foreign language as a means of forming and articulating thoughts in the field of everyday communication and in the field of the relevant specialty. Thus, professionally oriented is understood as teaching based on taking into account the needs of students in learning a foreign language, dictated by the characteristics of the future profession or specialty, which, in turn, requires its study. The term "professionally-oriented learning" is used to refer to the process of foreign language teaching in a non-linguistic university, focused on reading literature on the specialty, studying professional vocabulary and terminology, and recently - on communication in the sphere of professional activity [3].

References

1. The modern methodology of teaching a foreign language : a manual for teachers / N.D. Galskova. – Moscow: ARKTI-Glossa, 2000. – 165 p.
2. Bashmakova I.S. On the formation of professionally-oriented communicative competence of students of non-linguistic universities // Modern approaches to the levels of learning and criteria of evaluation in the preparation of foreign language specialists-not philologists: collection of scientific papers. – M.: Bulletin of MSLU, 2003. – p.p. 38-40.
3. Samptsov P.I. Vocationally-oriented teaching of foreign language at non-language faculties of universities / P.I. Samptsov, O.Y. Ivanova. – Orel: OGU, 2005. – p.p. 114-118.

Литература

1. Современная методика преподавания иностранного языка: пособие для учителей / Н.Д. Гальскова. – М.: АРКТИ-Глосса, 2000. – 165 с.
2. Башмакова И.С. О формировании профессионально-ориентированной коммуникативной компетенции студентов неязыковых вузов // Современные подходы к

уровням обучения и критериям оценки при подготовке специалистов по иностранному языку - нефилологов: сборник научных трудов. – М.: Вестник МГЛУ, 2003. – С. 38-40.

3. Сампцов П.И. Профессионально-ориентированное преподавание иностранного языка на неязыковых факультетах вузов / П.И.Сампцов, О.Ю.Иванова. – Орел: ОГУ, 2005. – С. 114-118.

БӨКЕНҚЫЗЫ А. – оқытушы (Алматы қ., Алматы қатынас жолдарының техникалық-экономикалық колледжі)

ТЕХНИКАЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТТЕРДЕ АҒЫЛШЫН ТІЛІН ОҚЫТУ

Аңдатпа

Бұл мақалада шет тілін оқытудың әр түрлі әдістеріне талдау берілген. Әдіс пен тәсілдің дұрыс таңдалуы студенттердің тілдік емес мамандықтарды ынталандыруға көмектеседі және шет тілдерін үйренуге қызығушылығын қалыптастырады.

Түйін сөздер: тәсіл, кәсіби қызмет, ынталандыру, жоба.

БОКЕНҚЫЗЫ А. – преподаватель (г. Алматы, Алматинский технико-экономический колледж путей сообщения)

ПРЕПОДАВАНИЕ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА В ТЕХНИЧЕСКИХ УНИВЕРСИТЕТАХ

Аннотация

В данной статье представлен анализ различных методик обучения иностранному языку. Правильный выбор методики и подхода помогает мотивировать студентов неязыковых специальностей и формирует интерес к изучению иностранных языков.

Ключевые слова: подход, профессиональная деятельность, мотивировать, проект.