

ISSN 2071-7296



СИБАДИ®

ВЕСТНИК

СИБАДИ



№ 4(44)/2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия
(СибАДИ)»

ВЕСТНИК СибАДИ

Выпуск 4 (44)

Омск
2015

Главный редактор **Кирничный В. Ю.**, д-р экон. наук, доц., ректор ФГБОУ ВПО «СибАДИ»

Зам. главного редактора **Бирюков В. В.**, д-р экон. наук, проф., проректор по НР ФГБОУ ВПО «СибАДИ»

Редакционная коллегия:

Ваклав Скала, профессор University of West Bohemia, Чехия, г. Пльзень

Винников Ю.Л., д-р техн. наук, проф. Полтавского национального технического университета имени Юрия Кондратюка, член Украинского общества механики грунтов, геотехники и фундаментостроения, Российского общества по механике грунтов, геотехники и фундаментостроению, ISSMGE, IGS, действительный член Академии строительства Украины, Украина, г. Полтава.

Горынин Г.Л., д-р физ.-мат. наук, проф., ГБОУ ВПО «СурГУ ХМАО-ЮГРЫ», г. Сургут.

Жигadlo А.П., д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО «СибАДИ».

Жусупбеков А.Ж., Вице – Президент ISSMGE по Азии, Президент Казахстанской геотехнической ассоциации, почетный строитель Республики Казахстан, директор геотехнического института, заведующий кафедрой «Строительства» ЕНУ им Л.Н. Гумилева, член-корреспондент Национальной Инженерной Академии Республики Казахстан, д-р техн. наук, проф., г. Астана, Казахстан.

Карл – Хейнц Ленц, д-р техн. наук, Германия, г. Бергиш-Гладбах (Karl – Heinz Lenz, Präsident and professor a. D., Prof. e. h. mult. Dr-Ing, Germany, Bergische).

Карпов В. В., д-р экон. наук, проф., директор Омского филиала ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Омск.

Кенджио Судзуки, профессор Национального университета, почетный профессор университета Токио, Япония.

Лим Донг Ох, доктор инженерных наук, профессор, Президент Университета Джунбу, г. Сеул, Южная Корея.

Лис Виктор, канд. техн. наук, инженер - конструктор специальных кранов фирмы Либхерр - верк Биберах ГмбХ (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittelbiberach, Германия.

Матвеев С.А., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО «СибАДИ».

Мочалин С.М., д-р техн.-наук, проф., ФГБОУ ВПО «СибАДИ».

Немировский Ю. В., д-р физ.-мат. наук, проф., главный научный сотрудник, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск.

Подшивалов В. П., д-р техн. наук, проф., Белорусского национального технического университета г. Минск, Республики Беларусь.

Хмара Л.А., д-р техн. наук, проф., Приднепровской государственной академии Строительства и Архитектуры, заслуженный изобретатель Украины, академик Академии Строительства и Архитектуры Украины, г. Днепрпетровск, Украина.

Щербakov В.С., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВПО «СибАДИ».

Эдвин Козневски, д-р техн. наук, проф., Польша, г. Белосток (Edwin Kozniewski - doctor of technical science, associate professor, Bialystok University of Technology, Bialystok, Poland).

Editor-in-Chief - **Kirnichny V. Y.**, doctor of economic sciences, associate professor, rector of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)

Deputy editor-in-chief - **Biryukov V.V.**, doctor of economic sciences, professor, pro-rector for scientific research of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)

Members of the editorial board:

Vaclav Skala professor Ing. University of West Bohemia, Plzen (Pilsen), Czech Republic

Vinnikov Y.L., doctor of technical sciences, professor of the Poltava National Technical University named after Yuriy Kondratyuk, a member of the Ukrainian Society of soil mechanics, geotechnics and foundation engineering, the Russian Society for soil mechanics, geotechnics and foundation engineering, ISSMGE, IGS, a member of the Academy of Construction of Ukraine, Ukraine, Poltava.

Gorynin G.L., doctor of physical and mathematical sciences, professor, of the Surgut State University, Surgut.

Zhigadlo A.P., doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI).

Zhusupbekov A.Z., Vice - President of ISSMGE in Asia, President of Kazakhstan Geotechnical Association, honorary builder of the Republic of Kazakhstan, director of the Geotechnical Institute, head of the department "Construction" of L.N. Gumilyov Eurasian National University, corresponding member of the National Academy of Engineering of the Republic of Kazakhstan, doctor of technical sciences, professor, Astana, Kazakhstan.

Karl - Heinz Lenz, doctor of technical sciences, Germany, Bergish-Gladbach (Karl - Heinz Lenz, Präsident and professor a. D., Prof. eh mult. Dr-Ing, Germany, Bergische).

Karpov V.V., doctor of economic sciences, professor, director of the Omsk branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Omsk.

Kenjiro Suzuki professor of National Institution for Academic Degrees and University Evaluation, and professor Emeritus of The University of Tokyo, Japan

Lim Dong Okh, doctor of engineering sciences, professor, President of the Goongbu University, Seoul, South Korea.

Lis Victor, candidate of technical sciences, design-engineer of special cranes of Liebherr - Werk Biberach GmbH (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittelbiberach, Germany.

Matveev S.A., doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI).

Mochalin S.M., doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI).

Nemirovskiy Y.V., doctor of physical and mathematical sciences, professor, chief research worker of the Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics SB RAS, Novosibirsk.

Podshivalov V.P., doctor of technical sciences, professor of the Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus.

Khmara L.A., doctor of technical sciences, professor, of the Dnieper State Academy of Construction and Architecture, Honored inventor of Ukraine, an academican of the Academy of Construction and Architecture of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine.

Shcherbakov V.S., doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)

Edwin Kozniewski - doctor of technical sciences, associate professor, Bialystok University of Technology, Bialystok, Poland.

Адрес редакции: 644080, г. Омск, просп. Мира, 5, патентно-информационный отдел, каб. 3226. Тел. (3812) 65-23-45.

e-mail: Vestnik_Sibadi@sibadi.org

Учредитель ФГБОУ ВПО «СибАДИ».

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-50593 от 11 июля 2012 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.

Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ» входит в перечень ведущих периодических изданий рекомендованных ВАК решением президиума ВАК от 25.02.2011 г. С 2009 года представлен в Научной Электронной Библиотеке [eLIBRARY.RU](http://elibrary.ru) и включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Подписной индекс 66000 в каталоге агентства "РОСПЕЧАТЬ". Редакционная коллегия осуществляет экспертную оценку, рецензирование и проверку статей на плагиат.

Исполнительный редактор канд. техн. наук, доц. М. Ю. Архипенко; **Выпускающий редактор** Т. В. Юренко

Подписано в печать 24.08.2015 г. Формат 60×84 ½. Гарнитура Arial

Печать оперативная. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 12,75. Тираж 500 экз. Заказ _____

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии ИПЦ ФГБОУ ВПО СибАДИ

644080, г. Омск, пр. Мира, 5

Печать статей произведена с оригиналов, подготовленных авторами

© ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ I ТРАНСПОРТ. ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

С.В. Баглайчук Влияние параметров подвески на колебания корпуса военной гусеничной машины	7
С.С. Войтенков, Д.В. Шаповал, Е.Е. Витвицкий К вопросу о терминологии на автомобильном транспорте	11
Н.С. Галдин, О.В. Курбацкая, С.В. Ерёмина Влияние основных параметров механизмов мостового крана на его производительность	15
И.И. Завьялов, С.Д. Игнатов, А.В. Евстифеев, А.А. Александров Автоматизация выбора технологий холодной объемной штамповки	20
Н.Г. Певнев, М.В. Банкет, А.С. Бакунов Развитие инфраструктуры использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива на автомобильном транспорте	24
К.Э. Сафронов, С.М. Мочалин Оценка программных мероприятий по повышению доступности городской транспортной системы для маломобильных групп населения	30
В.С. Щербаков, М.С. Корытов, Е.О. Шершнева Гашение маятниковых колебаний груза мостового крана с релейным приводом при минимальном числе включений	38

РАЗДЕЛ II СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Н.П. Александрова, Т.В. Семенова, К.Ю. Стригун Совершенствование методов экспресс оценки качества уплотнения грунтов земляного полотна строительства автомобильных дорог	46
Т.В. Боброва, А.А. Дубенков Обоснование групповых конструктивных решений земляного полотна на участках автомобильных дорог в условиях криолитозоны	57
Ю.В. Краснощёков Моделирование анкеровки арматуры в бетоне	64
В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова Влияние составов материалов на формирование структуры строительных композитов	69
С.А. Матвеев, Е.А. Мартынов, Н.Н. Литвинов Экспериментально-теоретические исследования армированного основания дорожной одежды	80
Н.С. Першин, М.С. Чепчуров Использование металлополимеров в пресс-формах для литья пластмасс	86
Р.С. Федюк, П.Г. Козлов, А.В. Мочалов, А.М. Тимохин Необходимость актуализации дорожно-климатического районирования юга Дальнего Востока	90
И.Н. Хохлов Анализ взаимодействия глубоких фундаментов и трещиноватых скальных массивов при горизонтальных нагрузках	99

РАЗДЕЛ III МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А.Л. Ахтулов, Л.Н. Ахтулова, А.Е. Любаков, Л.А. Иванова Математическое моделирование начальной стадии пожара на объектах хранения военной техники и вооружения	107
--	-----

Е.Г. Бороздин Математическое описание работы вентиляторов в составе механических приточных устройств	115
С.Д. Игнатов, Н.С. Шерстнев Математическая модель рабочего процесса дорожной фрезы при разрушении асфальтобетона	120
А.С. Кадыров, Ж.Ж. Жунусбекова, А.А. Ганюков Расчет на прочность фрезерного рабочего органа землеройной машины, работающей в глинистом растворе	125
И.В. Лазута, Е.Ф. Лазута Система автоматического управления погружением винтовой сваи	130
А.П. Серков, С. В. Корнеев Алгоритм определения остаточного ресурса моторного масла	138

РАЗДЕЛ IV ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

П.Б. Гринберг, Т.М. Безбородова, Д.Н. Коротаев, К.Н. Полещенко Эффективность институциональных форм и моделей инновационного развития в контексте интеллектуализации региональной экономики (на примере Омской области)	144
В.А. Губенко, С.А. Бородулина Подходы к формированию и расчета ставок аэропортовых сборов	151
Е.Ю. Легчилина, А.С. Платонова Управление интеллектуально-креативными ресурсами в условиях организационных изменений на предприятиях железнодорожного транспорта: системно-синергетический подход	157
М.С. Перфильев Создание иерархической структуры проектно-изыскательских работ для комплексных инфраструктурных объектов капитального строительства	164
О.В. Сергиенко, О.Ю. Патласов Стратегии коммерческих организаций в предкризисных и кризисных ситуациях	170

CONTENTS

PART I TRANSPORTATION. TRANSPORT TECHNOLOGICAL MACHINERY

S.V. Baglaychuk	
Influence of suspension's parameters on fluctuations of the military caterpillar machine's frame	7
S. S. Voitenkov, D. V. Shapoval, E. E. Vitvitskiy	
To the question of terminology on road transport	11
N.S. Galdin, O.V. Kurbatskaya, S.V. Eremina	
Influence of key parameters of bridge crane's mechanisms on its productivity	15
I.I. Zavyalov, A.A. Aleksandrov, S.D. Ignatov, A.V. Evstifeev	
Automation of choosing technologies of cold massive forming	20
N. G. Pevnev, M. V. Banket, A.S. Bakunov	
Development of infrastructure of using compressed natural gas as a motor fuel on motor transport	24
K.E. Safronov, S.M. Mochalin	
Evaluation of program activities to improve access to the city transport system for people with limited mobility	30
V. S. Scherbakov, M. S. Korytov, E.O. Shershneva	
Suppression of load's pendular oscillations of a bridge crane with the relay drive at the minimum number of turning on	38

PART II ENGINEERING. BUILDING MATERIALS AND STRUCTURES

N.P. Aleksandrova, T.V. Semenova, K.Y. Strigun	
Improving the methods for express evaluation of the quality of a road bed's soil compaction during construction of automobile roads	46
T.V. Bobrova, A.A. Dubenkov	
Reasoning of group constructive solutions of a roadbed on automobile roads' areas in the conditions of cryolithic zone	57
Y.V. Krasnoschekov	
Modeling of bar anchorage in concrete	64
V. S. Lesovik, I. L. Chulkova	
The influence of material compositions on forming the structure of building composites	69
S. A. Matveev, E. A. Martynov, N. N. Litvinov	
Experimental and theoretical studies of the reinforced base of the pavement	80
N.S. Pershin, M.S. Chepchurov	
Use of metallopolymers in molds for moulding of plastics	86
R. S. Fedyuk, P. G. Kozlov, A.V. Mochalov, A.M. Timokhin	
The need of actualization of road and climatic zoning of the far east's south	90
I.N. Khokhlov	
Analysis of interaction of the deep bases and jointed rocky massifs at horizontal loadings	99

PART III MATHEMATICAL MODELING. SYSTEMS OF AUTOMATION DESIGNING

A. L. Akhtulov, L. N. Akhtulova, A. E. Lyubakov, L. A. Ivanova	
Mathematical modeling of the initial stage of a fire in the storage of military equipment and weapons	107
E. G. Borozdin	
Mathematical description of ventilators' work in the structure of mechanical devices for air supply	115
S.D. Ignatov, N.S. Sherstnev	
Mathematical model of a road harrow's operating process in destruction of asphalt concrete	120

A.S. Kadyrov, Zh.Zh. Zhunusbekova, A.A. Ganyukov	
Calculation on durability of the milling worker of body of the digging car working in clay solution	125
I.V. Lazuta, E.F. Lazuta	
The system of automatic control of a screw pile sinking	130
A. P. Serkov, S. V. Korneev	
The algorithm for determining the remaining resource of motor oil	138

**PART IV
ECONOMICS AND MANAGEMENT**

P.B. Grinberg, T.M. Bezborodova, D.N. Korotaev, K.N. Poleshchenko	
Efficiency of institutional forms and models of innovative development in the context of intellectualization of regional economy (on the example of the Omsk region)	144
V.A. Gubenko, S.A. Borodulina	
Approaches to formation and calculation of airport charges' rates	151
E.Y. Legchilina, A.S. Platonova	
Controlling intellectual and creative resources in the conditions of organizational changes at the enterprises of railway transport: system and synergetic approach	157
M.S. Perfiliev	
Creation of a hierarchical structure of design and survey works for complex infrastructure objects of capital construction	164
O.V. Sergienko, O.Y. Patlasov	
Strategy of profit organizations in pre-crisis and crisis situations	170

РАЗДЕЛ I

ТРАНСПОРТ.

ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

УДК 623.438.3

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПОДВЕСКИ НА КОЛЕБАНИЯ КОРПУСА ВОЕННОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ

С.В. Баглайчук

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС),
Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье затрагивается тема решения дифференциальных уравнений колебаний корпуса военной гусеничной машины при учете связанности между ними на основании анализа влияния параметров подвески на вертикальные и угловые колебания корпуса военной гусеничной машины. Вместе с тем структура составленных зависимостей при учете связанности указывает на то, что полное разделение уравнений колебаний по координатам и оценка на этой основе плавности хода машины будет некорректной, так как взаимное влияние вертикальных и угловых колебаний применительно к военной гусеничной машине существенно.

Ключевые слова: дифференциальное уравнение, зависимость, колебание, корпус, военная гусеничная машина.

Введение

Важную роль в разработке и модернизации военной гусеничной машины (ВГМ) (рис.1) любого назначения принадлежит теории и методам расчета систем поддрессирования, которые в свою очередь нуждаются в уточнении и развитии. В настоящее время это реализуется с появлением мощных вычислительных средств в виде ПЭВМ высокого быстродействия и универсального математического обеспечения, например, пакетов прикладных программ MathCad, MathLab и многих других. Широкое внедрение этих вычислительных средств в практику проектирования позволяет ставить новые задачи и с позиций составления и изучения уточненных математических моделей движения и колебаний военных гусеничных машин многоцелевого назначения, что, в конечном счете, определяет качество проектирования и совершенство создаваемой техники. В этой связи разработка математических моделей систем поддрессирования высокой достоверности, максимально приближенной к реальному объекту, представляет также актуальную задачу.



Рис. Военная гусеничная машина (Танк Т-90СМ)

Влияние параметров подвески на колебания корпуса военной гусеничной машины

В связи с тем, что в дифференциальных уравнениях колебаний корпуса машины в зависимости от изменения рельефа дорожного полотна коэффициенты инерции равны нулю [1,2], ниже рассмотрим решение этой системы, которую запишем в виде

$$\ddot{q}_1 + b_{11}^* \dot{q}_1 + b_{12}^* \dot{q}_2 + \lambda_{11}^{*2} \cdot q_1 + \lambda_{12}^{*2} q_2 = \frac{T_y^2}{a_{11}} \cdot Q_y(k); \quad (1)$$

$$\ddot{q}_1 + b_{21}^* \dot{q}_1 + b_{22}^* \dot{q}_2 + \lambda_{21}^{*2} \cdot q_1 + \lambda_{22}^{*2} q_2 = \frac{T_u^2}{a_{22}} \cdot Q_y(k), \quad (2)$$

где $q_1 = y$; $q_2 = \varphi$.

Так как правые части уравнений (1) и (2) представлены суммами гармоник, решения этих уравнений выполним, применяя метод комплексных амплитуд. Как известно [3], при этом используется принцип суперпозиции, согласно которому искомое решение является суммой решений, получаемых от воздействия каждой гармоники, а каждое такое решение представляется в виде комплексной зависимости [4].

В правых частях (1), (2) будем учитывать только j -ую гармонику изменения рельефа полотна дороги, распространяя далее этот результат на все остальные гармоники и на их суммы.

Применяя преобразования Лапласа при нулевых начальных условиях [5, 6], приводим систему уравнений (1),(2) к алгебраическому виду

$$p^2 \cdot q_1 + b_{11}^* p \cdot q_1 + b_{12}^* p \cdot q_2 + \lambda_{11}^{*2} \cdot q_1 + \lambda_{12}^{*2} \cdot q_2 = A \cdot x_y; \quad (3)$$

$$p^2 \cdot q_2 + b_{21}^* p \cdot q_1 + b_{22}^* p \cdot q_2 + \lambda_{21}^{*2} \cdot q_1 + \lambda_{22}^{*2} \cdot q_2 = B \cdot x_\varphi, \quad (4)$$

где p – оператор дифференцирования; A и B – матрицы столбцы.

При учете большого числа гармоник, описывающих изменение рельефа дорожного полотна, число компонентов этих матриц соответственно увеличивается. Кроме этого, в (3),(4) присутствуют гармонические функции x_y и x_φ , определяющие закон изменения возмущения. Применяя принцип суперпозиции, решение уравнений (3), (4) выполним последовательно, формируя описание вынужденных колебаний в виде суммы двух функций:

$$q_1(k) = q_1'(k) + q_1''(k); \quad (5)$$

$$q_2(k) = q_2'(k) + q_2''(k), \quad (6)$$

При этом решения $q_1(k)$, $q_2(k)$ получаем, задавая $A \neq 0$, $B=0$, а решения $q_1''(k)$, $q_2''(k)$ при условии, что $A=0$, $B \neq 0$.

Покажем, как находятся эти решения применительно к ситуации, когда $A \neq 0$, $B=0$. В этом случае общий определитель системы уравнений (3), (4) имеет вид:

$$\Delta(p) = \begin{vmatrix} p^2 + b_{11}^* p + \lambda_{11}^{*2} & \left(b_{12}^* p + \lambda_{12}^{*2} \right) \\ \left(b_{21}^* p + \lambda_{21}^{*2} \right) & \left(p^2 + b_{22}^* p + \lambda_{22}^{*2} \right) \end{vmatrix},$$

а ее миноры:

$$\Delta'_{q1}(p) = \begin{vmatrix} A & \left(b_{12}^* p + \lambda_{12}^{*2} \right) \\ O & \left(p^2 + b_{22}^* p + \lambda_{22}^{*2} \right) \end{vmatrix};$$

$$\Delta'_{q2}(p) = \begin{vmatrix} p^2 + b_{11}^* p + \lambda_{11}^{*2} & A \\ \left(b_{21}^* p + \lambda_{21}^{*2} \right) & O \end{vmatrix}.$$

Тогда в операторной форме решение (3), (4) записывается как

$$q_1'(p) = \frac{\Delta'_{q1}(p)}{\Delta(p)} x = A \cdot \frac{(p^2 + b_{22}^* p + \lambda_{22}^{*2})}{\Delta(p)} \cdot X; \quad (7)$$

$$q_2'(p) = \frac{\Delta'_{q2}(p)}{\Delta(p)} x = A \frac{b_{21}^* p + \lambda_{21}^{*2}}{\Delta(p)} \cdot X.$$

Переход к комплексным амплитудам осуществляем заменой оператора дифференцирования p на $i\omega$, где $i = \sqrt{-1}$ – минимальная единица [7, 8], а $\omega = j \cdot 2\pi$ Тогда

$$\frac{q_1'(i\omega)}{X} = A \cdot \frac{(-\omega^2 + \lambda_{22}^{*2}) b_{22}^*(i\omega)}{\Delta(i\omega)}; \quad (8)$$

$$\frac{q_2'(i\omega)}{X} = A \cdot \frac{b_{21}^*(i\omega) + \lambda_{21}^{*2}}{\Delta(i\omega)},$$

где

$$\Delta(i\omega) = \Delta_1 + i \cdot \Delta_2;$$

$$\Delta_1 = (-\omega^2 + \lambda_{11}^{*2})(-\omega^2 + \lambda_{22}^{*2}) - b_{11}^* \cdot b_{22}^* \omega^2 + b_{12}^* \cdot b_{21}^* \cdot \omega^2 - \lambda_{12}^{*2} \cdot \lambda_{21}^{*2};$$

$$\Delta_2 = b_{11}^* \omega \cdot (-\omega^2 + \lambda_{22}^{*2}) + b_{22}^* \omega \cdot (-\omega^2 + \lambda_{11}^{*2}) - b_{21}^* \cdot -\lambda_{21}^{*2} \cdot \omega - b_{12}^* \cdot \lambda_{12}^{*2} \cdot \omega.$$

В соответствии с (7), (8) комплексные амплитуды будут равны

$$q_{1\max}'(i\omega) = U_1' + i \cdot V_1';$$

$$q_{2\max}'(i\omega) = U_2' + i \cdot V_2',$$

где

$$U_1' = A \cdot \left[(-\omega^2 + \lambda_{22}^{*2}) \cdot \Delta_1 + b_{22}^* \cdot \omega \cdot \Delta_2 \right] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1};$$

$$V_1' = A \cdot \left[b_{22}^* \cdot \omega \cdot \Delta_1 - (-\omega^2 + \lambda_{22}^{*2}) \cdot \Delta_2 \right] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1};$$

$$U_2' = -A \cdot [\lambda_{12}^2 \cdot \Delta_1 + b_{21}^* \cdot \varpi \cdot \Delta_2] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1};$$

$$V_2' = -A \cdot [b_{12}^* \cdot \varpi \cdot \Delta_1 - \lambda_{12}^2 \cdot \Delta_2] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1}.$$

Отсюда амплитуды

$$q_{1\max}' = \sqrt{(U_1')^2 + (V_1')^2}; \quad q_{2\max}' = \sqrt{(U_2')^2 + (V_2')^2}.$$

или

$$q_{1\max}' = A \cdot \{ [(-\varpi^2 + \lambda_{22}^2)^2 + (b_{22}^* \cdot \varpi)^2] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1} \}^{0,5}; \quad (9)$$

$$q_{2\max}' = A \cdot \{ [\lambda_{12}^4 + (b_{22}^* \cdot \varpi)^2] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1} \}^{0,5}. \quad (10)$$

Для ситуации, когда $A=0$, $B \neq 0$, после аналогичных преобразований получаем

$$U_1'' = -B \cdot [\lambda_{12}^2 \cdot \Delta_1 + b_{21}^* \cdot \varpi \cdot \Delta_2] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1};$$

$$V_1'' = -B \cdot [b_{12}^* \cdot \varpi \cdot \Delta_1 - \lambda_{12}^2 \cdot \Delta_2] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1};$$

$$U_2'' = B \cdot [(-\varpi^2 + \lambda_{11}^2) \cdot \Delta_1 + b_{11}^* \cdot \varpi \cdot \Delta_2] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1};$$

$$V_2'' = B \cdot [b_{11}^* \cdot \varpi \cdot \Delta_1 - (-\varpi^2 + \lambda_{11}^2) \cdot \Delta_2] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1};$$

$$q_{1\max}'' = B \cdot \{ [\lambda_{12}^4 + (b_{12}^* \cdot \varpi)^2] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1} \}^{0,5}; \quad (11)$$

$$q_{2\max}'' = B \cdot \{ [(-\varpi^2 + \lambda_{11}^2)^2 + (b_{11}^* \cdot \varpi)^2] \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1} \}^{0,5}. \quad (12)$$

Применяя полученные зависимости амплитуд по (9) – (12), далее перейдем к конкретизации решений в соответствии с (5), (6). При этом

$$q_1'(k) = \frac{U_1'}{|U_1'|} \{ \{ [-(j \cdot 2\pi)^2 + \lambda_{22}^2]^2 + [b_{22}^* \cdot (j \cdot 2\pi)]^2 \} \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1} \}^{0,5} \cdot \{ M_{\varphi j} \cdot \sum_{i=1}^{12-m} \sin \{ j \cdot 2\pi \cdot [k - \frac{l_{B(i-1)}}{L_0}] - \Theta_{\varphi j}' \} + N_{\varphi j} \cdot \sum_{i=1}^m \sin \{ j \cdot 2\pi \cdot [k - \frac{l_{B(i-1)}}{L_0}] + \beta_j - \Theta_{\varphi j}' \} \}; \quad (13)$$

$$q_1''(k) = \frac{U_1''}{|U_1''|} \{ \lambda_{12}^4 + [b_{12}^* \cdot (j \cdot 2\pi)]^2 \} \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1} \}^{0,5} \cdot \{ M_{\varphi j} \cdot \sum_{i=1}^{12-m} (\pm l_{Bi}) \cdot \sin \{ j \cdot 2\pi \cdot [k - \frac{l_{B(i-1)}}{L_0}] - \Theta_{\varphi j}'' \} + N_{\varphi j} \cdot \sum_{i=1}^m (\pm l_{Bi}) \sin \{ j \cdot 2\pi \cdot [k - \frac{l_{B(i-1)}}{L_0}] + \beta_j - \Theta_{\varphi j}'' \} \}; \quad (14)$$

$$q_2'(k) = \frac{U_2'}{|U_2'|} \{ \lambda_{12}^4 + [b_{21}^* \cdot (j \cdot 2\pi)]^2 \} \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1} \}^{0,5} \cdot \{ M_{\varphi j} \cdot \sum_{i=1}^{12-m} \sin \{ j \cdot 2\pi \cdot [k - \frac{l_{B(i-1)}}{L_0}] - \Theta_{\varphi j}' \} + N_{\varphi j} \cdot \sum_{i=1}^m \sin \{ j \cdot 2\pi \cdot [k - \frac{l_{B(i-1)}}{L_0}] + \beta_j - \Theta_{\varphi j}' \} \}; \quad (15)$$

$$q_2''(k) = \frac{U_2''}{|U_2''|} \{ \{ [-(j \cdot 2\pi)^2 + \lambda_{11}^2]^2 + [b_{11}^* \cdot (j \cdot 2\pi)]^2 \} \cdot (\Delta_1^2 + \Delta_2^2)^{-1} \}^{0,5} \cdot \{ M_{\varphi j} \cdot \sum_{i=1}^{12-m} (\pm l_{Bi}) \cdot \sin \{ j \cdot 2\pi \cdot [k - \frac{l_{B(i-1)}}{L_0}] - \Theta_{\varphi j}'' \} + N_{\varphi j} \cdot \sum_{i=1}^m (\pm l_{Bi}) \sin \{ j \cdot 2\pi \cdot [k - \frac{l_{B(i-1)}}{L_0}] + \beta_j - \Theta_{\varphi j}'' \} \}; \quad (16)$$

Отметим, что в зависимости (13) – (16) заведены отношения

$$\frac{U_1'}{|U_1'|}; \quad \frac{U_1''}{|U_1''|}; \quad \frac{U_2'}{|U_2'|}; \quad \frac{U_2''}{|U_2''|}, \quad \text{которые}$$

определяют знаки амплитуд $q_{1\max}'$, $q_{2\max}'$,

$q_{1\max}''$, $q_{2\max}''$. Дело в том, что в соответствии с (9) – (10) можно получить представление лишь о величинах этих амплитуд, но нельзя судить об их знаках. Вместе с тем это важно при сложении зависимостей (13) – (16) по (5) и (6). В таких случаях знаки амплитуд определяются знаками проекций комплексных амплитуд $q_{1\max}'(i\omega)$, $q_{2\max}'(i\omega)$, $q_{1\max}''(i\omega)$, $q_{2\max}''(i\omega)$ на действительную ось, т.е. знаками действительных частей комплексных величин.

Фазовые сдвиги в (13) – (16) определяются по формулам

$$\Theta_{\varphi j}' = \arctg \frac{V_1'}{U_1'}; \quad \Theta_{\varphi j}'' = \arctg \frac{V_1''}{U_1''}; \quad (17)$$

$$\Theta_{\varphi j}' = \arctg \frac{V_2'}{U_2'}; \quad \Theta_{\varphi j}'' = \arctg \frac{V_2''}{U_2''}.$$

Анализ зависимостей (13) – (14) показывает, что основные закономерности, отмеченные в соответствии с отдельным решением дифференциальных уравнений колебаний корпуса машины в зависимости от изменения рельефа дорожного полотна, сохраняются и здесь. Вместе с тем структура формул (13) – (16) указывает на то, что полное разделение уравнений колебаний корпуса машины в зависимости от изменения рельефа дорожного полотна и оценка на этой основе плавности хода машины будет некорректной, т.к. взаимное влияние вертикальных и угловых колебаний применительно к ВГМ существенно.

Заключение

В заключении можно отметить, что на основании анализа решений дифференциальных уравнений колебаний корпуса ВГМ при учете связанности между ними показывает, что:

- по обеим обобщенным координатам наблюдается равенство вынужденных колебаний корпуса машины, что обусловлено соответствующим влиянием рельефа дорожного полотна на эти колебания;

- в связи с тем, что парциальные частоты рассматриваемой колебательной системы не равны друг другу, резонансные явления по координатам достигаются на различных скоростных режимах движения машины. При этом появление резонанса угловых колебаний наблюдается на более низких скоростях движения по сравнению с резонансом вертикальных колебаний;

- скорость движения машины, при которых наблюдаются резонансы, пропорциональны длине волны дорожного полотна и собственным частотам подвески по координатам;

- с увеличением собственной частоты подвески резонансный режим смещается в сторону больших значений скорости движения машины при заданной величине;

- на резонансах величины амплитуд колебаний по обеим координатам существенно зависят от диссипативных сил.

Вместе с тем структура составленных зависимостей при учете связанности указывает на то, что полное разделение уравнений колебаний по координатам и оценка на этой основе плавности хода машины будет некорректной, т.к. взаимное влияние вертикальных и угловых колебаний применительно к военной гусеничной машине существенно.

Библиографический список

1. Васильев, В.В. Конструкция многоцелевых гусеничных машин. Теория и движения и динамика многоцелевых гусеничных машин / В.В. Васильев, М.П. Поклад, О.А. Серяков. – Омск, 2013. – 436 с.
2. Исаков, П.П. Теория и конструкция танка. – Т. 9. / П.П. Исаков. – М.: Машиностроение, 1986. – 191 с.
3. Ильин, В.А. Основы математического анализа / В.А. Ильин, Э.Г. Позняк – М.: Наука, 1977. – 213 с.
4. Корн, Г. Справочник по математике (для научных работников) / Г. Корн, Т. Корн – М.: Наука, 2006. – 290 с.
5. Четаев, Н.Г. Теоретическая механика / Н.Г. Четаев – М.: Наука, 1987. – 245 с.

6. Виттенбург, Й. Динамика системы твердых тел / Й. Виттенбург. – М.: Мир, 2002. – 230 с.

7. Фролов, К.В. Прикладная теория виброзащитных систем / К.В. Фролов. – М.: Машиностроение, 1980. – 276 с.

8. Фурунжев, Р.И. Управление комбинациями многоопорных машин / Р.И. Фурунжев, А.И. Останин. – М.: Машиностроение, 2004. – 206 с.

INFLUENCE OF SUSPENSION'S PARAMETERS ON FLUCTUATIONS OF THE MILITARY CATERPILLAR MACHINE'S FRAME

S.V. Baglaychuk

Abstract. The article dwells on the theme of solving differential equations of the fluctuations of the military caterpillar machine's frame with regard to relatedness between them on the grounds of analyzing influence of suspension's parameters on vertical and angular fluctuations of the military caterpillar machine's frame. The structure of formed dependencies with regard to relatedness points that full division of the equations of the fluctuations on coordinates and assessing, on this base, the evenness of the machine's move will be incorrect, since mutual influence of vertical and angular fluctuations regarding to military caterpillar machine is considerable.

Keywords: differential equation, dependency, fluctuation, frame, military caterpillar machine.

References

1. Vasil'ev V.V., Poklad M.P., Serjakov O.A. *Konstrukcija mnogocelevyh gusenichnyh mashin. Teorija i dvizhenija i dinamika mnogocelevyh gusenichnyh mashin* [The design of multi-objective caterpillar machines]. Omsk, 2013. 436 p.
2. Isakov P.P. *Teorija i konstrukcija tanka* [The theory and construction of a tank]. Moscow, Mashinostroenie, 1986. 191 p.
3. Il'in V.A., Poznjak Je.G. *Osnovy matematicheskogo analiza* [The basics of the mathematical analysis]. Moscow, Nauka, 1977. 213 p.
4. Korn G., Korn T. *Spravochnik po matematike (dlja nauchnyh rabotnikov)* [A reference book on mathematics (for scientists)]. Moscow, Nauka, 2006. 290 p.
5. Chetaev N.G. *Teoriticheskaja mehanika* [Theoretical mechanics]. Moscow, Nauka, 1987. 245 p.
6. Vittenburg J. *Dinamika sistemy tverdyh tel* [System dynamics of solid bodies]. Moscow, Mir, 2002. 230 p.
7. Frolov K.V. *Prikladnaja teorija vibrozashhitnyh sistem* [Applied theory of vibroprotection systems]. Moscow, Mashinostroenie, 1980. 276 p.
8. Furunzhev R.I., Ostanin A.I. *Upravlenie kombinacijami mnogoopornyh mashin* [Managing combinations of multisupporting machines]. Moscow, Mashinostroenie, 2004. 206 p.

Баглайчук Сергей Владимирович (Россия, г. Омск) – аспирант Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС); начальник учебной лаборатории кафедры «Боевых гусеничных, колесных машин и военных автомобилей» Омского автобронетанкового инженерного института (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35. e-mail: memfis00@rambler.ru).

Baglaychuk Sergey Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – postgraduate student of Omsk state transport university, head of educational laboratory of the department “Military tracked and wheeled machines” of Omsk tank engineering institute (644046, Omsk, Marks Ave., 35. e-mail: memfis00@rambler.ru).

УДК 656.1/5

К ВОПРОСУ О ТЕРМИНОЛОГИИ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

С.С. Войтенков, Д.В. Шаповал, Е.Е. Витвицкий
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье приведен краткий обзор развития понятий автотранспортной отрасли, таких как автомобильный транспорт, транспортная система, инфраструктура; указаны определения понятий, взятых из разных источников, в том числе правовых; приведены различия в трактовках отдельных понятий. По результатам обзора формулировок отдельных понятий автотранспортной отрасли сделан вывод о развитии терминологии и различии в трактовках автомобильного транспорта и его элементов.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, транспортная система, инфраструктура.

Введение

Развитие науки и практики, смена экономических отношений способствует тому, что содержание и формулировка отдельных понятий изменяется, распространение получают новые понятия. Экономические реформы 1990-х годов изменили представления об автомобильном транспорте (АТ), что отразилось на применяемой терминологии. «Автомобильный транспорт» является распространенным понятием, употребляемым в различных областях и сферах должностными лицами и научными работниками всех уровней, в учебниках, монографиях, федеральных законах и других документальных источниках. Как показал обзор правовых, научных и учебных материалов содержание данного понятия может быть разным, в том числе если АТ рассматривается как отрасль.

Представления о понятии «автомобильный транспорт»

Разберем, что же представляет собой транспорт, в том числе автомобильный, по составу. Согласно [1] АТ состоит из средств и путей сообщения, а также предприятий, обеспечивающих бесперебойную работу. Составными элементами автомобильного транспорта являются средства сообщений (подвижной состав), пути сообщений (автомобильные дороги) и предприятия,

обеспечивающие работу подвижного состава. [2]. Согласно [1] к предприятиям, обеспечивающим бесперебойную работу средств и путей сообщения, относятся: автотранспортные предприятия – грузовые, пассажирские (автобусные и таксомоторные), смешанные (грузопассажирские), станции технического обслуживания и автозаправочные станции, грузовые автомобильные станции, пассажирские автостанции и автовокзалы и др.; автомобильно-ремонтные предприятия – авторемонтные заводы и мастерские, агрегатно-ремонтные заводы и мастерские и т.п.; дорожные хозяйства – дорожно-строительные, дорожно-эксплуатационные и т.д. [1].

Техническую базу АТ представляют: подвижной состав, дороги, автотранспортные предприятия [3]. Автотранспортные предприятия представляют собой основные линейные подразделения автомобильного транспорта, предназначенные для содержания подвижного состава в исправном и работоспособном состоянии, обеспечения его рационального использования и непосредственной организации перевозочного процесса в соответствии с государственными заданиями и потребностями клиентуры [3]. Согласно [3] к автотранспортным, предприятиям относятся: грузовые, пассажирские (автобусные,

таксомоторные для проката легковых автомобилей) и смешанные грузо-пассажирские; транспортно-экспедиционные агентства и конторы, организующие перевозку пассажиров и доставку грузов, принадлежащих различным организациям и населению; грузовые станции, организующие перевозки грузов в прямом междугородном и смешанном сообщениях; пассажирские станции и вокзалы, организующие перевозку пассажиров в междугородном и пригородном сообщениях; базы механизации погрузочно-разгрузочных работ, осуществляющие с помощью своей техники и штатов грузовые работы по договорам с другими автотранспортными предприятиями общего пользования. В широком смысле к предприятиям АТ относятся также авторемонтные заводы и линейные подразделения, обеспечивающие содержание и эксплуатацию автомобильных дорог [3].

Таким образом, в указанных выше и других источниках, АТ состоит из трех основных элементов: средства сообщения (подвижной состав); пути сообщения (автомобильные дороги); предприятия, обеспечивающие работу подвижного состава (автотранспортные предприятия).

В данном представлении состава АТ средства и пути сообщения отделены как самостоятельные элементы от предприятий, их содержащих. Этим подчеркивается приоритетное значение самих автотранспортных средств и автомобильных дорог по отношению к автотранспортным предприятиям. Иначе говоря, автотранспортные предприятия создаются с целью эффективного содержания и эксплуатации подвижного состава и автомобильных дорог, а не наоборот. В работе [4] указано: «транспорт представляет собой совокупность перевозочных средств, путей сообщения, средств управления и связи, а также различных технических устройств, механизмов и сооружений, обеспечивающих их работу». В данном определении отсутствует такой элемент, как автотранспортные предприятия. Содержание отдельных элементов применительно к АТ представлено ниже: перевозочные средства - подвижной состав, контейнеры, поддоны, одноразовая или многооборотная тара; подвижной состав - автомобили, полуприцепы, прицепы, транспортные тракторы; пути сообщения - автомобильные дороги; технические устройства и механизмы

- погрузочно-разгрузочные механизмы, конвейеры, бункера, пакетоформирующие машины; сооружения - гаражи, стоянки, автобазы, станции технического обслуживания, ремонтные мастерские и заводы, склады, погрузочно-разгрузочные пункты, терминалы, грузовые и пассажирские станции, вокзалы [4].

Так, согласно [4] основными элементами АТ являются: перевозочные средства (в основном, подвижной состав); пути сообщения (автомобильные дороги); средства управления и связи; технические устройства и механизмы (в основном, погрузочно-разгрузочные механизмы); Сооружения.

Согласно [5,6,7 и др.] представляет собой совокупность средств и путей сообщения, нормальную деятельность которых обеспечивают различные технические устройства и сооружения. Технические устройства и сооружения - комплекс грузовых и пассажирских станций, терминалов, погрузочно-разгрузочных пунктов, ремонтных мастерских, заправочных станций, средств связи и сигнализации, систем управления и т.д. Так, в работах [5,6, 7 и др.] указано, что основными элементами АТ являются: средства сообщения (подвижной состав); пути сообщения (автомобильные дороги); Технические устройства и сооружения (включая средства связи и системы управления).

Согласно [5] отдельные элементы (подвижной состав, дороги, терминалы и др.) взаимодействуют между собой для выполнения определенных работ, поэтому необходимо рассматривать транспорт как систему. Несмотря на то, что до экономических реформ 1990-х годов было распространено понятие «Единая транспортная система», большинство ученых транспортников предпочитали использовать понятие «транспорт».

В настоящее время ситуация изменилась, в частности, в работе [8] вместо понятия «транспорт» приводится понятие «транспортной системы», под которой понимается совокупность путей сообщения, перевозочных средств, технических устройств и механизмов, средств управления и связи, обустройств всех видов транспорта, объединенных системой технологических, технических, информационных, правовых и экономических отношений» [8].

Во всех указанных выше работах общими элементами являются средства сообщения

(перевозочные средства) и пути сообщения. Терминологическая формулировка остальных элементов различна. Это, возможно, послужило распространению понятия «инфраструктура», которая по смыслу вбирает в себя все остальные элементы транспорта, трактовки которых в разных работах различны. Понятие «транспортной инфраструктуры» получило широкое распространение одновременно с развитием понятия «транспортная система».

В работе [9] транспортная система понимается как образующая связанное целое совокупность работников, транспортных средств и оборудования, элементов транспортной инфраструктуры и инфраструктуры субъектов перевозки, включая систему управления, направленная на эффективное перемещение грузов и пассажиров [9].

Как указано в работе [10], термин «транспортная система» определяет совокупность транспортных средств (подвижного состава), путей сообщения, погрузочно-разгрузочных, информационно-вычислительных комплексов и других объектов производственной инфраструктуры по видам транспорта применительно к государству, региону (субъекту или федеральному округу Российской Федерации) или крупному городу.

Инфраструктура – это физические компоненты транспортной системы, которые занимают фиксированное положение в пространстве и создают транспортную сеть, включающую связи (сегменты автомобильных и железных дорог, трубопроводов и т. п.) и узлы (пересечения сегментов дорог, терминалы различного назначения и т. д.) [9].

Объекты транспортной инфраструктуры – сооружения, производственно-технологические комплексы, предназначенные для обслуживания пассажиров, фрахтователей, грузоотправителей, грузополучателей, перевозчиков и фрахтовщиков, а также для обеспечения работы транспортных средств. [11]. Все авторы единогласны в том, что автомобильный транспорт является отраслью. До 1991 года эту отрасль относили к народному хозяйству [4,12,8,1,7 и др.], в настоящее время – к производству [5, 6 и др.] и/или экономике (логистике) [13,14 и др.].

Многие авторы акцентируют внимание на том, что автомобильный транспорт является неотъемлемой частью единой транспортной

системы. [5 и др.]. Другие рассматривают его как сложную динамическую систему [3,5 и др.]. Ряд авторов предпочитает оперировать понятием «транспортная система», подразумевая, что она включает в себя понятие «транспорт» [8,10]. В работе [10] указано, что термин «транспорт» является упрощенным названием (синонимом) термина «транспортная система».

В процессе развития автотранспортной отрасли появились такие термины как «транспортный комплекс». Так, в работе [6] указано: «Транспорт – стратегически важный комплекс, в значительной степени определяющий мощь государства, так как обеспечивает нужды общества в перевозке грузов и пассажиров». В отличие от транспортной системы термин «транспортный комплекс» согласно [10] включает транспортную систему, а также транспортную промышленность (транспортное машиностроение), транспортное строительство, транспортные топливно-энергетические системы, специальное образование и научные учреждения, развитие которых определяется государственной политикой в области различных видов транспорта. В Транспортной стратегии РФ до 2030 года используются понятия «транспортная система», «транспортный комплекс», «транспортная инфраструктура». Данные понятия характеризуют существующую систему представлений о транспорте. В проекте ФЗ «Об обеспечении экологической безопасности автомобильного транспорта» дается следующее определение: «Автомобильный транспорт - комплекс, включающий автотранспортные средства, объекты инфраструктуры обеспечения эксплуатации автотранспортных средств и автомобильные дороги» [15]. При этом к объектам инфраструктуры автомобильного транспорта относят предприятия всех организационно - правовых форм и форм собственности, имеющие производственную базу для осуществления технического обслуживания и/или ремонта и хранения автотранспортных средств, заправки автотранспортных средств моторными топливами, хранения и обработки грузов, перевозимых автомобильным транспортом, сбора, переработки и утилизации отходов, образующихся при эксплуатации автотранспортных средств [15].

Заключение

Из представленного обзора определений транспорту, в том числе автомобильному, следует, что представление об АТ со временем менялось, развитие и распространение получали новые понятия. Несмотря на то, что функциональное назначение автомобильного транспорта со временем остается неизменным, в настоящее время в разных источниках понятие автомобильного транспорта и его элементов может формулироваться по-разному.

Библиографический список

1. Рафф, М.И. Грузовые автомобильные перевозки. / Рафф М.И. и др. Изд. 2-е, перераб. И доп. – Киев: «Вища школа», 1975. – 288 с.
2. Ванчукевич, В.Ф. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие для студентов вузов / В.Ф. Ванчукевич, В.Н. Седюкевич, В.С. Холупов. – Минск: Вышэйшая школа, 1989. – 272 с.
3. Аксенов И.Я. Единая транспортная система [Текст]: учебник для вузов / И. Я. Аксенов. – М.: Транспорт, 1980. – 213 с.
4. Афанасьев, Л.Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки: Учебник для студентов вузов / Л.Л.Афанасьев, Н.Б.Островский, С.М. Цукерберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1984. – 333 с.
5. Майборода, М.Е. Грузовые автомобильные перевозки: учебное пособие / М.Е. Майборода, В.В. Беднарский. – Изд. 2-е. – Ростов н/Д: Феникс, 2008. – 442 с.
6. Троицкая Н.А. Единая транспортная система: учебник для студ. Учреждений сред. Проф. образования / Н.А. Троицкая, А.Б. Чубуков. – 4-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 240 с.
7. Ходош М.С. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для автотрансп. техникумов / М.С. Ходош. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1986. – 208 с.
8. Вельможин А.В. Грузовые автомобильные перевозки: Учебник для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 560 с.
9. Основы теории транспортных систем: учеб. пособие / А. Э. Горев; СПбГАСУ. – СПб., 2010. – 214 с.
10. Куликов Ю. И. Автомобильный транспорт в транспортной системе России: учеб. пособие / Ю. И. Куликов. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2007. – 246 с.
11. Федеральный закон Российской Федерации от 8 ноября 2007 г. № 259-ФЗ «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта».
12. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа, 1986. – 447 с.
13. Рассоха, В.И. Ситуационное управление автотранспортными системами. Часть 1. Системная эффективность эксплуатации

автомобильного транспорта / В.И. Рассоха // Вестник Оренбургского государственного университета, 2009. – № 9. – С. 148–153.

14. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена Правительством Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. №1734-р.

15. Проект Федерального закона N 90063164-3 "Об обеспечении экологической безопасности автомобильного транспорта" (ред., внесенная в ГД ФС РФ) – 24 с.

TO THE QUESTION OF TERMINOLOGY ON ROAD TRANSPORT

S. S. Voitenkov, D. V. Shapoval,
E. E. Vitvitskiy

Abstract. This article contains an overview of developing concepts in the road transport industry, such as road transport, transport system and infrastructure; there are definitions of concepts, taken from various sources, including legal documents; there are presented differences in the interpretation of certain concepts. The author makes a conclusion on the terminology development and differences in the interpretation of road transport and its components.

Keywords: road transport, transport system, infrastructure.

References

1. Raff M.I. *Gruzovye avtomobil'nye perevozki* [Trucking]. Kiev «Vishha shkola», 1975. 288 p.
2. Vanchukevich V.F., Sedjukevich V.N., Holupov V.S. *Gruzovye avtomobil'nye perevozki* [Trucking]. Minsk: Vyshjeshaja shkola, 1989. 272 p.
3. Aksekov I.Y. *Edinaja transportnaja sistema* [Integrated transport system]. Moscow, Transport, 1980. 213 p.
4. Afanas'ev L.L. *Edinaja transportnaja sistema i avtomobil'nye perevozki* [Integrated transport system and trucking]. Moscow, Transport, 1984. 333 p.
5. Majboroda M.E., Bednarskij V.V. *Gruzovye avtomobil'nye perevozki* [Trucking]. Rostov n/D, Feniks, 2008. 442 p.
6. Troickaja N.A., Chubukov. A.B. *Edinaja transportnaja sistema* [Integrated transport system]. Moscow, Izdatel'skij centr «Akademija», 2008. 240 p.
7. Hodosh M.S. *Gruzovye avtomobil'nye perevozki* [Trucking]. Moscow, Transport, 1986. 208 p.
8. Vel'mozhin A.V., Gudkov V.A., Mirotin L.B., Kulikov A.V. *Gruzovye avtomobil'nye perevozki* [Trucking]. Moscow, Gorjachaja linija, Telekom, 2006. 560 p.
9. Gorev A. E. *Osnovy teorii transportnyh system* [Fundamentals of the transport systems theory]. St Petersburg, SPbGASU, 2010. 214 p.
10. Kulikov Y.I. *Avtomobil'nyj transport v transportnoj sisteme Rossii* [Road transport in the transport system of Russia]. Habarovsk: Izd-vo Tihookean. gos. un-ta, 2007. 246 p.
11. «Ustav avtomobil'nogo transporta i gorodskogo nazemnogo jelektricheskogo transporta» [The Charter of road transport and urban land-electric

transport]. Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 8 nojabrja 2007. № 259-FZ.

12. Vorkut A.I. *Gruzovye avtomobil'nye perevozki* [Trucking]. Kiev, Vishha shkola, 1986. 447 p.

13. Rassokha, V.I. *Situacionnoe upravlenie avtotransportnymi sistemami*. Ch. 1. Sistemnaja jeffektivnost' jekspluatacii avtomobil'nogo transporta [Situational management of transport systems. Part 1. System operational efficiency of road transport]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2009, №9, pp. 148-153.

14. Transportnaja strategija Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda [Transport strategy of the Russian Federation for the period till 2030]. 2008.

15. Proekt Federal'nogo zakona N 90063164-3 "Ob obespečenii jekologičeskoj bezopasnosti avtomobil'nogo transporta" (red., vnesennaja v GD FS RF) – 24 p.

Войтенков Сергей Сергеевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kaf_oput@sibadi.org).

Шаповал Дмитрий Владимирович (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kaf_oput@sibadi.org).

УДК 621.87:681.5

ВЛИЯНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМОВ МОСТОВОГО КРАНА НА ЕГО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

Н.С. Галдин, О.В. Курбацкая, С.В. Ерёмина
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Производительность мостовых кранов зависит от эффективности работы механизмов передвижения и подъема грузов мостовых кранов. Приведены сведения о влиянии скоростей передвижения крана, грузовой тележки, скорости подъема груза, а также путей передвижения крана, грузовой тележки, высоты подъема груза и других факторов на его производительность. Представлены функциональные зависимости производительности мостовых кранов от влияющих факторов.

Ключевые слова: мостовой кран, производительность, механизмы, скорость передвижения крана, скорость подъема груза.

Введение

При проведении тяжелых трудоемких работ по перегрузке, транспортировке и складированию большая роль в процессе автоматизации принадлежит мостовым кранам, включению их в различные технологические операции и циклы. Мостовые (балочные) краны общего назначения, снабженные в основном грузовым крюком, предназначены для выполнения массовых погрузочно-

Витвицкий Евгений Евгеньевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kaf_oput@sibadi.org).

Voitenkov Sergei Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Organization of transportation and transport management", The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, 5 Mira st., Omsk, Russian Federation, e-mail: kaf_oput@sibadi.org).

Shapoval Dmitriy Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Organization of transportation and transport management", The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, 5 Mira st., Omsk, Russian Federation, e-mail: kaf_oput@sibadi.org).

Vitvitskiy Evgeniy Evgenievich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Organization of transportation and transport management", The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, 5 Mira st., Omsk, Russian Federation, e-mail: kaf_oput@sibadi.org).

разгрузочных работ по перемещению различных грузов [1-4].

Большое значение имеет совершенствование мостовых кранов, направленное на повышение их основных параметров: грузоподъемности; производительности и точности выполнения работ; расширение номенклатуры по грузоподъемности; использование различных видов приводов; улучшение их технических характеристик и качества.

Определение производительности мостовых кранов

От эффективности работы механизмов кранов зависит их производительность, безопасность производства работ, надежность крана в целом. Механизм передвижения мостового крана (тележки) предназначен для передвижения крана (тележки) по рельсовому пути с заданной скоростью [5-7].

Механизм передвижения мостового крана (тележки) состоит, как правило, из электродвигателя, редуктора, тормозного устройства и колес (приводных и неприводных). Элементы механизма передвижения соединены муфтами. Механизм подъема груза является наиболее нагруженным крановым механизмом, определяющим степень интенсивности эксплуатации крана. Механизм подъема груза в общем случае состоит из полиспаста, гибкого элемента, электродвигателя, редуктора, муфты, тормоза, барабана.

При использовании кранов для перегрузочных и транспортных работ и известном грузопотоке количество кранов определяют расчетным путем, исходя из их производительности и протяженности участка, обслуживаемого одним краном [8].

Суточная (т/сут) производительность мостовых кранов определяется по формуле [8]:

$$P = Q_{cp} n_u m / 1000, \quad (1)$$

где P – суточная производительность мостового крана, т/сутки; Q_{cp} – средняя масса транспортируемого груза, кг; n_u – число подъемов, необходимых для выполнения транспортных операций, в смену; m – число рабочих смен.

Число подъемов, необходимых для выполнения транспортных операций, в смену определяется следующим образом [8]:

$$n_u = \frac{3600n}{t_u} K_c K_n K_p K_{m.n}, \quad (2)$$

где n_u – число подъемов, необходимых для выполнения транспортных операций, в смену; n – число рабочих часов в смену; t_u – расчетное время цикла работы крана, с; K_c – коэффициент неравномерности использования крана во времени в течение смены, обычно $K_c = 0,5 \dots 0,8$; K_n – коэффициент простоев по организационным причинам; при отсутствии дополнительных

данных допускается принимать $K_n = 0,9$; K_p – коэффициент ремонта (учитываются все виды простоев крана при техническом обслуживании и ремонте); при отсутствии местных нормативов и других данных допускается принимать $K_p = 0,95$; $K_{m.n}$ – коэффициент технологических простоев (учитываются неизбежные при принятой технологии простои, например, на переналадку технологического оборудования, подачу транспортных средств и др.), можно принять $K_{m.n} = 0,9 \dots 0,8$.

При определении производительности за месяц или год следует учитывать коэффициент неравномерности использования крана в различное время года.

Для определения часовой (пиковой) производительности можно принимать $K_c K_n K_p K_{m.n} = 0,85 \dots 0,90$ [8].

Расчетное время цикла работы крана t_u определяют, исходя из фактических затрат времени на перемещение груза и возвращение грузозахватного органа к месту загрузки. При отсутствии дополнительных требований [8]:

$$t_u = \frac{2 \cdot k_{ck}(h + h_1)}{v_n} + k_{co} \left(\frac{S_k}{v_k} + \frac{S_m}{v_m} \right) + t_p, \quad (3)$$

где t_u – расчетное время цикла работы крана, с; S_k – путь передвижения крана, м; S_m – путь передвижения тележки, м; h – высота подъема и опускания груза в начале цикла, м; h_1 – высота подъема и опускания груза в конце цикла, м; v_n – скорость подъема груза, м/с; v_k и v_m – соответственно средние скорости передвижения крана и тележки, м/с; k_{co} – коэффициент совмещения операций, учитывающий совместное перемещение крана и тележки при рабочем и холостом пробеге; k_{ck} – коэффициент, учитывающий снижение скорости при подъеме и опускании груза в начале и конце цикла; t_p – время ручных операций, с, значение t_p определяют с учетом технологических особенностей перегрузочного процесса.

После подстановки выражений (2) и (3) в формулу (1), получим выражение для определения суточной производительности мостового крана:

$$\Pi = 3,6Q_{cp}nmK_cK_nK_pK_{m,n} / \left(\frac{2k_{ck}(h+h_1)}{v_n} + k_{co} \left(\frac{S_k}{v_k} + \frac{S_m}{v_m} \right) + t_p \right) \cdot \quad (4)$$

Как видно из формул (1) – (4), основными факторами, влияющими на производительность мостового крана являются средняя масса транспортируемого груза, протяженность путей передвижения крана и тележки, высота подъема груза, а также скорости передвижения крана (тележки) и подъема груза. Регулирование рабочих скоростей механизмов передвижения и подъема грузов позволяет влиять на производительность мостового крана при прочих равных условиях.

Результаты расчетов времени цикла работы мостового крана представлены на рисунке 1. Расчеты проводились для высоты подъема груза 7,5 м, путь перемещения крана составлял 15 м, а перемещение тележки было равно 10 м. Из графика (см. рис. 1) видно, что наибольшее влияние на время цикла оказывает скорость подъема груза: с увеличением скорости подъема груза значение времени цикла уменьшается. Графические зависимости суточной производительности мостового крана от скорости подъема груза и скорости перемещения крана показаны на рисунках 2, 3, при этом скорость перемещения тележки принималась постоянной и составляла 0,15 м/с.

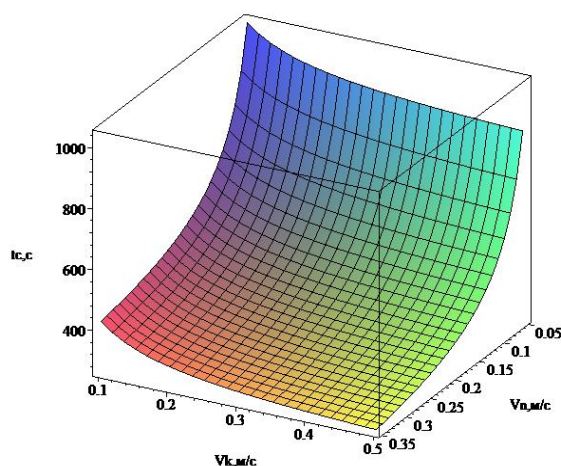


Рис. 1. Зависимость времени цикла работы мостового крана t_c от скорости подъема груза V_n и скорости перемещения крана V_k

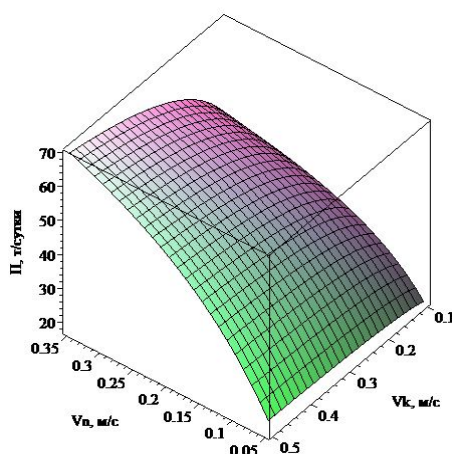


Рис. 2. Зависимость суточной производительности мостового крана Π от скорости подъема груза V_n и скорости перемещения крана V_k ($Q_{cp} = 500$ кг)

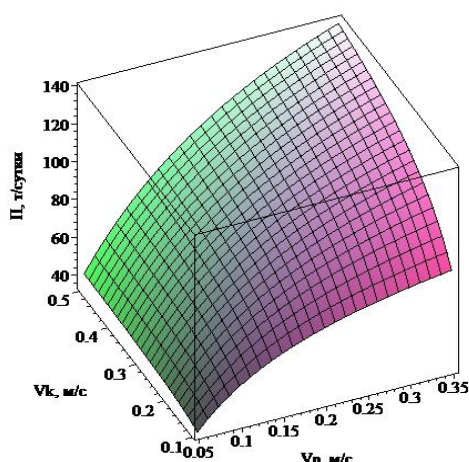


Рис. 3. Зависимость суточной производительности мостового крана Π от скорости подъема груза V_n и скорости перемещения крана V_k ($Q_{cp} = 1000$ кг)

Зависимость суточной производительности мостового крана от скорости перемещения крана и скорости перемещения тележки показана на рисунке 4 (скорость подъема груза принималась постоянной и составляла 0,1 м/с). Расчеты проводились при тех же условиях: высота подъема и опускания груза равнялась 7,5 м, перемещение крана принималось равным 15 м, а перемещение тележки составляло 10 м.

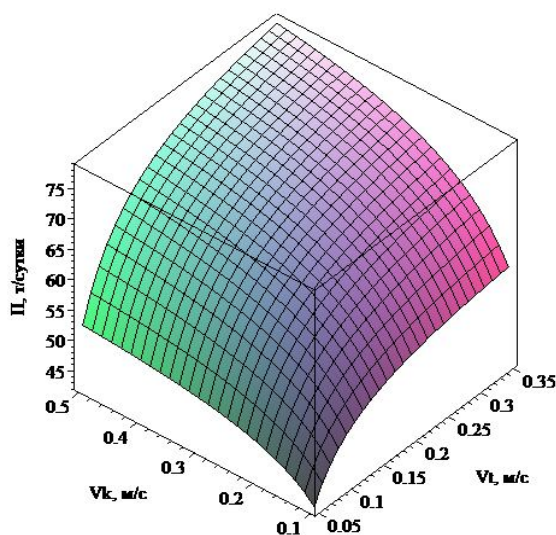


Рис. 4. Зависимость суточной производительности мостового крана P от скорости перемещения тележки V_t и скорости перемещения крана V_k ($Q_{cp} = 1000$ кг)

Как видно из графиков, представленных на рисунке 2, 3, суточная производительность мостовых кранов существенным образом зависит от скоростей передвижения крана и подъема груза. При этом наибольшее влияние на суточную производительность крана оказывает скорость подъема груза. При изменении скорости подъема груза от 0,05 м/с до 0,35 м/с суточная производительность крана изменяется в несколько раз (при одной и той же скорости перемещения крана). Из графика (см. рис. 4) видно, что скорости перемещения тележки и крана практически одинаково влияют на суточную производительность крана: с увеличением этих скоростей производительность мостового крана повышается.

Выводы

Повышение производительности, эффективности работы мостовых кранов во многом определяется условиями применения

и назначения мостового крана, выбором оптимальных конструктивных, энергетических и рабочих параметров мостовых кранов. Основными факторами, влияющими на производительность мостового крана, являются масса груза, протяженность путей передвижения крана и тележки, высота подъема груза, а также скорости передвижения крана (тележки) и подъема груза. От эффективности работы механизмов кранов зависит производительность мостовых кранов, безопасность производства работ, надежность крана в целом.

Важное значение для повышения эффективности работы мостовых кранов имеет совершенствование механизмов передвижения и подъема грузов, обеспечение возможности регулирования рабочих скоростей механизмов передвижения и подъема грузов.

Библиографический список

1. Александров, М.П. Подъемно-транспортные машины: Учеб. для машиностроит. спец. вузов / М.П.Александров. – М.: Высш. шк., 1985. – 520 с.
2. Гохберг, М.М. Справочник по кранам: В 2 т. Т. 2. Характеристики и конструктивные схемы кранов. Крановые механизмы, их детали и узлы. Техническая эксплуатация кранов / М.П. Александров, М.М. Гохберг, А.А. Ковин и др.; Под общ. ред. М.М. Гохберга. – М.: Машиностроение, 1988. – 559 с.
3. Курсовое проектирование грузоподъемных машин / С.А. Казак, В.Е. Дусье, Е.С.Кузнецов и др.: Под ред. С.А. Казака. – М.: Высш. школа, 1989. – 319 с.
4. Ремизович, Ю.В. Транспортно-технологические машины / Ю.В. Ремизович. – Омск: СибАДИ, 2011. – 160 с.
5. Галдин, Н.С. Критерии эффективности основных механизмов мостовых кранов / Н.С. Галдин, С.В. Ерёмкина, О.В. Курбацкая // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2014. – № 1 (35). – С. 7 – 11.
6. Галдин, Н.С. Особенности проектирования основных механизмов мостовых кранов / Н.С. Галдин, С.В. Ерёмкина, О.В. Курбацкая // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2012. – № 5 (27). – С. 21 – 25.
7. Галдин, Н.С. Компьютерное моделирование основных механизмов мостовых кранов / Н.С. Галдин, С.В. Ерёмкина, О.В. Курбацкая // Вестник СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2015. – № 2 (42). – С. 68 – 75.
8. Абрамович, И.И. Грузоподъемные краны промышленных предприятий: Справочник / И.И. Абрамович, В.Н. Березин, А.Г. Яуре. – М.: Машиностроение, 1989. – 360 с.

INFLUENCE OF KEY PARAMETRES OF BRIDGE CRANE'S MECHANISMS ON ITS PRODUCTIVITY

N.S. Galdin, O.V. Kurbatskaya, S.V. Eremina

Abstract. Productivity of bridge cranes depends on performance of mechanisms of moving and lifting loads of bridge cranes. The article contains data on influencing speeds of crane's movement, cargo cart, speed of loads lifting, and also ways of crane's movement, cargo cart, height of lifting load and other factors on its productivity. There are presented functional dependences of bridge cranes' productivity on influencing factors.

Keywords: bridge crane, productivity, mechanisms, speed of crane's movement, speed of lifting loads.

References

1. Aleksandrov M.P. *Pod'emno-transportnye mashiny: Ucheb. dlja mashinostroit. spec. vuzov* [Lifting and transport machines]. Moscow, Vyssh. shk., 1985. 520 p.
2. Gohberg M.M. *Spravochnik po kranam: V 2 t. T. 2. Harakteristiki i konstruktivnye shemy kranov. Kranovye mehanizmy, ih detali i uzly. Tehnicheskaja jekspluatacija kranov* [Reference book on cranes: In 2 t. T. 2. Characteristics and constructive schemes of cranes. Crane mechanisms, their parts and components. Technical operation of cranes]. Moscow, Mashinostroenie, 1988. 559 p.
3. *Kursovoe proektirovanie gruzopod'emnyh mashin* [Course design of lifting machines]. S.A. Kazak, V.E. Dus'e, E.S.Kuznecov. Moscow, Vyssh. shkola, 1989. 319 p.
4. Remizovich Ju.V. *Transportno-tehnologicheskie mashiny* [Transport and technological machines]. Omsk, SibADI, 2011. 160 p.
5. Galdin N.S., Erjomina S.V., Kurbackaja O.V. Kriterii jeffektivnosti osnovnyh mehanizmov mostovyh kranov [Criteria of efficiency of the basic mechanisms of bridge cranes]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 1 (35). pp. 7 – 11.
6. Galdin N.S., Erjomina S.V., Kurbackaja O.V. Osobennosti proektirovanija osnovnyh mehanizmov mostovyh [Peculiarities of designing basic mechanisms of bridge cranes]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 5 (27). pp. 21 – 25.
7. Galdin N.S., Erjomina S.V., Kurbackaja O.V. Komp'juternoe modelirovanie osnovnyh mehanizmov mostovyh kranov [Computer modeling of the basic mechanisms of bridge cranes]. *Vestnik SibADI*, 2015, no 2 (42). – pp. 68 – 75.
8. Abramovich I.I., Berezin V.N., Jaure A.G. *Gruzopod'emnye kranu promyshlennyh predpriyatij: Spravochnik* [Tower cranes of the industrial enterprises: reference book]. Moscow, Mashinostroenie, 1989. 360 p.

Галдин Николай Семенович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: galdin_ns@sibadi.org).

Курбацкая Ольга Владимировна (Россия, г. Омск) – инженер кафедры «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Ерёмина Светлана Владимировна (Россия, г. Омск) – инженер кафедры «Компьютерные информационные автоматизированные системы» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Galdin Nikolay Semenovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, head of the department "Lifting, carrying and tractive machines and hydraulic circuit" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080 Russia, Omsk, 5 Mira st., e-mail: galdin_ns@sibadi.org).

Kurbatskaya Olga Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – engineer of the department "Lifting, carrying and tractive machines and hydraulic circuit" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st.).

Erjomina Svetlana Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – engineer of the department «Computer information automated systems» of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st.).

УДК 621.73.043

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЙ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ

И.И. Завьялов¹, А. А. Александров¹, С.Д. Игнатов¹, А.В. Евстифеев²

¹ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

²ОПО «Иртыш», Россия, г. Омск.

Аннотация. Для выбора рациональных технологий изготовления шаровых пальцев автомобилей различной формы холодной объемной штамповкой, авторами предложена использовать таблицы возможных вариантов, в которые занесены схемы формоизменения исходных заготовок и полуфабрикатов на последующих операциях, и математические модели для определения оптимального сочетания количества переходов штамповки и сложности конструкции инструментов с учетом допустимых нагрузок.

Ключевые слова: автоматизация проектирования технологических процессов, таблицы возможных вариантов, способы деформирования, сложность конструкции инструмента, математическое моделирование.

Введение

Современное высокопроизводительное кузнечно-штамповочное производство базируется на широком внедрении сложных переналаживаемых автоматизированных и автоматических линий, прессов с числовым программным управлением, роторных и роторно-конвейерных линий, робототехнических комплексов, а также систем автоматизированной поддержки инженерных работ. При этом внедрение процессов холодного деформирования требует еще и высоких расходов на опытно-конструкторские работы и изготовление оснастки из быстрорежущих и комплексно-легированных сталей. Использование вычислительной техники для расчета переходов технологических процессов холодной объемной штамповки (ХОШ) позволяет с высокой точностью и в короткий промежуток времени получать все необходимые измерительные, расчетные

Решение вопроса автоматизации проектирования технологии

Базой для создания системы автоматизации проектирования может служить, без всяких оговорок, методика выбора вариантов технологических процессов с использованием таблиц возможных вариантов (ТВВ) [6], составленных из элементов классификаций конструктивно-технологических способов обработки и штампуемых изделий [7,8]. ТВВ, по сути, являются сборниками алгоритмов проектирования технологических процессов,

в которые вносятся существующие и, возможно, перспективные технологии для определенного типа деталей. Рациональная технология обычно формируется в результате рассмотрения и анализа нескольких вариантов (иногда – десятков), каждый из которых включает n-е количество операций формоизменения. Наиболее ответственным и трудоемким этапом подготовки производства является выбор последовательности или совмещения операций и основных методов формоизменения, прогнозирование течения металла, силового режима и предельно допустимых деформаций, определения формы и размеров исходной заготовки. Выбранная для реализации маршрутная схема штамповки должна обеспечить наилучшие условия работы инструмента при минимальном количестве переходов формоизменения и высокий коэффициент использования материала.

В таблице 1 представлена одна из строк ТВВ штамповки деталей типа «стакан». В верхней строке, непосредственно над схемой штамповки, указаны комплексные индексы [8], которые состоят из индексов сложности верхнего и нижнего инструментов: 1 – 3, 1 – 7 и т.д., индексов группы (С, М, N и т.д.) и порядкового номера способа в группе 05, 09, 01, 25 ...

В ячейках нижней строки указаны номера технологий. Например, для стакана с плоским дном (шифр 0101) имеем 48 (сорок восемь) вариантов. Если номер технологии встречается в одной ячейке, то это означает,

что технология однопереходная; если в нескольких, то технология многопереходная. Рациональные варианты технологий выбираются из ТВВ исходя из минимального количества операций и наименьшей сложности инструментальных наладок. Чем меньше количество переходов штамповки, соответственно меньше трудозатраты, расход электроэнергии, стоимость штамповой оснастки.

Для каждого типа изделия (формы) отдельно считывается количество переходов возможных технологий и сравнивается между собой. Соответственно определяются отдельно суммы первых и вторых индексов сложности всех переходов штамповки. Результаты таких действий представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Строка таблицы возможных вариантов штамповки деталей типа «стакан» для детали «стакан с плоским дном» [3]

Индекс изделия	Форма изделия	1 - 3 (H01)	1 - 7 (C07)	1 - 13 (M06)	1 - 7 (N05)	1 - 3 (H01)	12 - 13 (M09)	1 - 2 (L01)	1 - 2 (L02)	1 - 2 (L05)
		0101								
		1,7,13,17,26,31,37,43	2,8,14,20,26,32,38,44	3,9,13,21,27,33,39,45	4,11,15,22,28,34,40,46	5,11,17,23,29,35,41,47	5,12,13,24,30,36,42,48	7-12 31-35	13-18 37-42	19-24 43-48

Таблица 2 – Результат «фильтрации» таблицы 1

Индекс изделия	Форма изделия	Вариант					Кол-во переходов	Суммарная сложность инструмента (верх, низ)
		1-3H01	1-7C07	1-3H01 _{кл}	1-2L01	1-2L02		
		1	2	3	4	5	1 (2)	1-3 (2-6)
		2	3	4	5	6	1 (2)	1-7 (2-10)
		3	4	5	6	7	2	2-5
		4	5	6	7	8	2	2-9
		5	6	7	8		2	2-5
		6	7	8			2	2-9
		7	8				3	3-7
		8					3	3-11

Для автоматизации выбора рациональных технологий предлагается три блока математической модели. Первый блок модели имеет целью выбор технологии с наименьшим количеством переходов. Наименьшие значения фиксируются и подготавливаются к дальнейшему анализу.

Второй блок модели предназначен для выбора технологий с минимальной суммарной сложностью изготовления

инструмента. Аналогично первому акту выбирается технология с наименьшими показателями.

Имея данные по двум математическим моделям, в третьем блоке модели (табл. 3) сравниваются полученные результаты двух расчетов на совместимость, а затем производится выбор варианта технологии, и выводятся окончательные результаты.

Таблица 3 – Третий блок математической модели

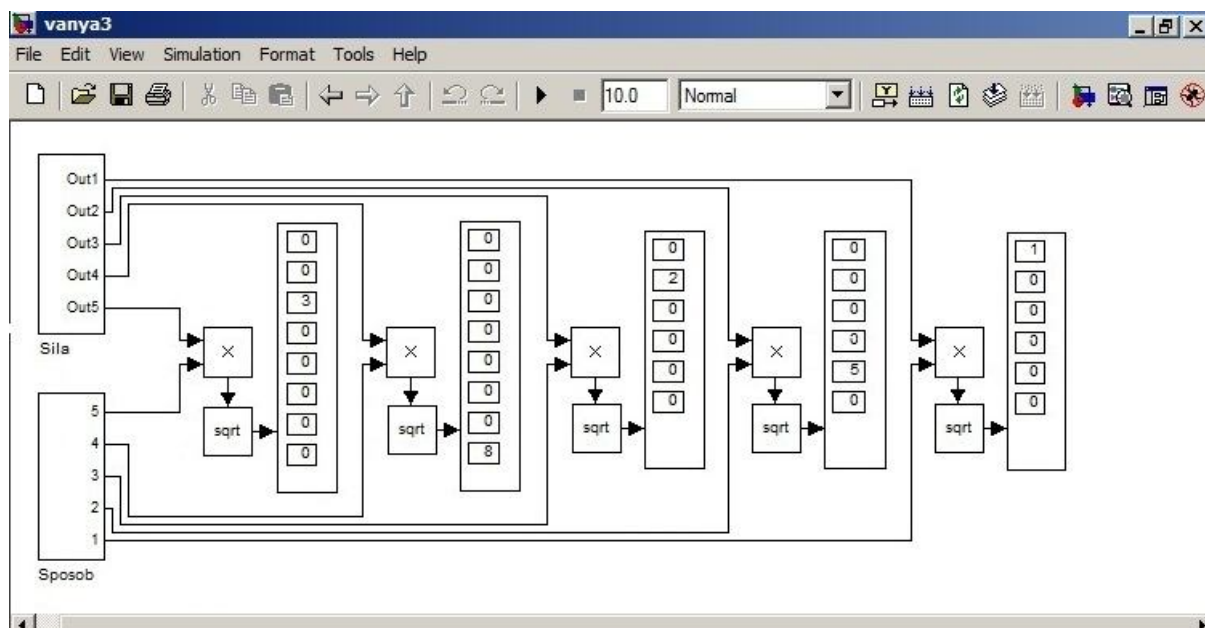


Таблица 4 – Таблица возможных вариантов технологических процессов штамповки шаровых пальцев автомобилей из сплошных заготовок

Индекс изделия	Форма изделия	Форма заготовки	Технологические варианты										
			1-12 F04	0-3 D01	1-3 B04	8-3 F15	0-3 D01	0-3 D01	0-3 D01	0-3 D01	2-3 E05	4-3 A12	8-3 F14
0101		Цилиндрическая	2 4	12 5,6 4	3	6	12 3,5		4		5,6		12 3,5,6 4
0102		Цилиндрическая	2	2 1,5	3	4	15 3,4	4			1 4	2 1,5 3,4	
0103		Цилиндрическая	12 5	1 5 3	4		12 3,4		5	12 5 3,4			
0104		Цилиндрическая	4,5	1,8	26,7	3			5 7		1 6		4,5 1,3,8 26,7
0105		Цилиндрическая	12	4	3		12	2	4	12 3,4			

В ТВВ (таблица 4) представлено 5 стержневых деталей типа шаровый палец. Для их штамповки могут использоваться 28 вариантов технологий с 11 формообразующими операциями.

В результате анализа технологий с использованием предлагаемых математических моделей получены следующие данные: для изделия 0101 выбран вариант технологии под номером 1, для 0102 – 5, для 0103 – 2, для 0104 – 8, для

0105 – 3, что соответствует рекомендуемым и проверенным на практике [9]. Завершающим этапом разработки технологий должны быть расчеты деформирующих сил по переходам, что позволит выбрать технологическое оборудование.

Выводы

Использование таблиц возможных вариантов технологий, в совокупности с разработанными математическими моделями выбора оптимальных параметров перспективных технологий, позволит ускорить их внедрение в производство.

Библиографический список

1. Ланской, Е.Н. Автоматизация проектирования процессов холодной объемной штамповки и создание систем автоматизированного производства: Учебное пособие / Е.Н. Ланской, В.В. Евстифеев, В.В. Грязнов. – М.: Машиностроение, 1988. – 68 с.
2. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учебник для вузов / И.П. Норенков. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
3. Евстифеев, В.В. Выбор рациональных технологий точной объемной штамповки с использованием ПЭВМ / В.В. Евстифеев, Д.Н. Присядин, А.В. Евстифеев // Механика процессов и машин: Сб. науч. тр. – Омск: Изд-во ОмГТУ. 2002. – С. 241-244.
4. Попов, В.А. Оснастка автоматизированного холоднвысадочного производства / В.А. Попов. – М.: Машиностроение, 1965. – 175 с.
5. Лексутов, И.С. Компьютерное моделирование для управления качеством на этапе проектирования / И.С. Лексутов // Матер. III Всерос. научн.-практ. конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Развитие дорожно-строительного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования». Омск: СибАДИ, 2008. кн. 2. – С. 69-73.
6. Евстифеев, В.В. Методика выбора вариантов технологического процесса холодной объемной штамповки: Учебное пособие / В.В. Евстифеев, В.Я. Осинных. – Омск: Изд-во ОмПИ, 1973. – 73 с.
7. Евстифеев, В.В. Проектирование, анализ и расчет процессов холодной объемной штамповки: Монография / В.В. Евстифеев, А.А. Александров, И.С. Лексутов. – Омск: СибАДИ, 2009. – 184 с.
8. Евстифеев, В.В. Научное обоснование, обобщение и разработка прогрессивных технологий холодной объемной штамповки: дис. ...д-ра техн. наук. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1994. – 492 с.
9. Разработка типовых процессов штамповки шаровых пальцев / В.А. Головин, А.Н. Митькин, В.В. Евстифеев., И.К. Букин-Батырев // Машины и технология обработки металлов давлением и литейное производство. – Омск: Зап.-Сиб. кн. изд-во, 1971. – С. 75-79.

AUTOMATION OF CHOOSING TECHNOLOGIES OF COLD MASSIVE FORMING

I.I. Zavyalov, A.A. Aleksandrov,
S.D. Ignatov, A.V. Evstifeev

Abstract. The authors suggest to use the tables of possible variants, which contain the schemes of forming primary blanks and semi-finished products for subsequent operations and mathematical models to determine the optimal combination of number of stamping's transfer and complexity of tools' design with permissible loads for choosing rational technologies of producing ball studs of various forms' automobiles using cold forming.

Keywords: computer-aided engineering of technological processes, table of possible variants, methods of deformation, complexity of tool's design, mathematical modeling.

References

1. Lanskoj E.N., Evstifeev V.V., Grjaznov V.V. *Avtomatizacija proektirovanija processov holodnoj ob'emnoj shtampovki i sozdanie sistem avtomatizirovannogo proizvodstva: Uchebnoe posobie* [Computer-aided design of processes of cold forming and creation of automated production systems]. Moscow, Mashinostroenie, 1988. 68 p.
2. Norenkov I.P. *Osnovy avtomatizirovannogo proektirovanija: Uchebnik dlja vuzov* [Basics of computer-aided design]. Moscow, MGТУ im. N.Je. Baumana, 2002. 336 p.
3. Evstifeev V.V., Prisjadin D.N., Evstifeev A.V. *Vybor racional'nyh tehnologij tochnoj ob'emnoj shtampovki s ispol'zovaniem PVM* [Choice of rational technology of the precise massive forming using a PC]. *Mehanika processov i mashin*, Омск: Izd-vo ОмГТУ, 2002. pp. 241- 244.
4. Popov V.A. *Osnastka avtomatizirovannogo holodnvyasadocnogo proizvodstva* [Attachments of automated cold forming production]. Moscow, Mashinostroenie, 1965. 175 p.
5. Leksutov I.S. *Komp'juternoe modelirovanie dlja upravlenija kachestvom na jetape proektirovanija* [Computer modeling for quality management on the stage of design]. *Mater. III Vseros. nauchn.-prakt. konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh «Razvitie dorozhno-stroitel'nogo kompleksa i stroitel'noj infrastruktury na osnove racional'nogo prirodoopol'zovanija»*, Омск: SibADI, 2008. кн. 2. pp. 69-73.
6. Evstifeev V.V., Osinyh V.Y. *Metodika vybora variantov tehnologicheskogo processa holodnoj ob'emnoj shtampovki: Uchebnoe posobie* [Method of choosing technological process' type of cold forming: Textbook]. Омск: Izd-vo ОмПИ, 1973. 73 p.
7. Evstifeev V.V., Aleksandrov A.A., Leksutov I.S. *Proektirovanie, analiz i raschet processov holodnoj ob'emnoj shtampovki: Monografija* [Design, analysis and calculation of cold forming processes]. Омск: SibADI, 2009. 184 p.

8. Evstifeev V.V. Nauchnoe obosnovanie, obobshchenie i razrabotka progressivnyh tehnologij holodnoj ob'emnoj shtampovki: dis.-ra tehn. nauk. [Scientific substantiation, generalization and development of advanced technologies of cold forming]. Moscow, MG TU im. N. Je. Baumana, 1994. 492 p.

9. Razrabotka tipovyh processov shtampovki sharovyh pal'cev [Development of standard processes of ball studs stumping]. V.A. Golovin, A.N. Mit'kin, V.V. Evstifeev., I.K. Bukin-Batyrev. Mashiny i tehnologija obrabotki metallov davleniem i litejnoe proizvodstvo, Omsk: Zap.-Sib. kn. izd-vo, 1971. pp. 75-79.

Завьялов Иван Иванович (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры АКМиТ ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Александров Александр Александрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Игнатов Сергей Дмитриевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент

кафедры АППиЭ ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: ISDAvvadon@mail.ru).

Евстифеев Александр Владиславович (Россия, г. Омск) – инженер ОПО «Иртыш» (644060, ул. Гуртьева, 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

Zavyalov Ivan Ivanovich (Russian Federation, Omsk) –graduate student of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

Alexandrov Alexander Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Building structure" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

Ignatov Sergey Dmitrievich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: ISDAvvadon@mail.ru).

Evstifeev Aleksandr Vladislavovich Russian Federation, Omsk) – engineer of OPO «Irtys» (644060, Gyrteva, 18, e-mail: a_evstifeev@mail.ru).

УДК 656.1

РАЗВИТИЕ ИНФРАСТРУКТУРЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЖАТОГО ПРИРОДНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ МОТОРНОГО ТОПЛИВА НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Н.Г. Певнев, М.В. Банкет, А.С. Бакунов
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье предложены пути развития инфраструктуры использования компримированного природного газа в качестве моторного топлива на пассажирском автомобильном транспорте. Приводятся перспективы применения компрессорных заправочных модулей вблизи городских распределительных станций на газопроводах природного газа в городах со слабо развитой инфраструктурой обеспечения сжатым природным газом автомобильного транспорта.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, компримированный природный газ, автогазонаполнительные компрессорные станции, компрессорный заправочный модуль, городские распределительные станции.

Введение

Информация, приведенная в данной статье, может быть использована при начальной стадии использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива на автомобильном транспорте в городах, где отсутствуют в достаточном количестве стационарные автомобильные газовые наполнительные компрессорные станции. Внедрение газового топлива на автомобильном транспорте во многих странах – США, Канаде, Новой Зеландии,

Бразилии, Австралии, Италии и других осуществляется с помощью эффективной кредитной и льготной налоговой политики. Для автомобилей, где используется газ, предусмотрены меньшие налоги. И государство от этого не в «накладе» – разница компенсируется снижением затрат на здравоохранение и защиту окружающей среды [1].

Порядка 20 стран изменили налоги на продажу автомобилей так, чтобы стимулировать использование автомобилей

на газовом топливе [1]. Природный газ на автомобильном транспорте из разряда альтернативных переходит в основное моторное топливо, что отмечено Госдумой РФ [2]. «Россия должна войти в число лидеров по использованию ГМТ», - объявил президент РФ Владимир Путин 14 мая 2013 г. на совещании в г. Сочи. «Нужно создать необходимые условия для развития рынка газомоторного топлива, организовать обучение персонала и создать специальные пункты технического обслуживания газобаллонной техники. Поэтому компаниям, работающим на этом рынке, нужно оказывать всемерную поддержку, снять существующие административные барьеры. Это делается во всем мире» [2].

Комплексный план расширения использования газа в качестве моторного топлива будет осуществляться согласно Постановления Правительства РФ от 10.09.2009 N 720 (ред. от 22.12.2012) «Об утверждении технического регламента о безопасности колесных транспортных средств»; Распоряжения Правительства РФ от 13.05.2013 N 767-р; Правил ЕЭК ООН N 110. Согласно распоряжению №767-Р от 13 мая 2013 г., подписанному Д.А. Медведевым, предусматривается комплекс мер по использованию газомоторного топлива (ГМТ), в частности, города-миллионники должны к 2020 году иметь 50% общественного автотранспорта и транспорта дорожно-коммунальных служб, работающих на ГМТ. Преимущество отдается природному газу [3]. «Газпром» ведет работу по развитию российского рынка газомоторного топлива, в чем получает поддержку со стороны властей страны. В конце мая премьер Дмитрий Медведев подписал постановление, согласно которого газ должен быть на каждой АЗС: заправка газомоторным топливом внесена в обязательный перечень услуг, оказываемыми автозаправками страны [4].

Президент России Владимир Путин поручил Правительству подготовить предложения по субсидированию регионов из бюджета на покупку техники, работающей на газовом топливе. На сегодняшний день уже существуют Федеральные программы стимулирующие переоборудование автомобилей для работы на КПГ (Ленинградская область, Краснодарский край и другие центральные области РФ).

Развитие инфраструктуры использования сжатого природного газа в качестве моторного топлива на автомобильном транспорте

Основным сдерживающим фактором использования компримированного природного газа (КПГ) в качестве газомоторного топлива в Российской Федерации является неразвитость сети автогазонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) и удаленность существующих АГНКС от потенциальных потребителей - автотранспортных предприятий, гаражных кооперативов и т.п. [5].

На сегодняшний день в Российской Федерации насчитывается 218 автогазонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) [6]. По данным Минэнерго России (департамента переработки нефти и газа) существует два сценария развития существующей сети АГНКС России до 2030 года: *Первый сценарий (Сохранение текущих темпов роста)* к 2020 году количество заправок увеличится вдвое (около 400 шт.) к 2030 году количество заправок увеличится в пять раз (около 1000 шт.) - *Второй сценарий (Комплексное развитие)* к 2020 году количество заправок увеличится 8,5 раз (около 1700 шт.) к 2030 году количество заправок увеличится в 17,5 раз (около 3500 шт.) [6].

Однако согласно распоряжению Правительства Российской Федерации от 13 мая 2013 г. N 767-р «...до 1 января 2014 г. разработать и представить в установленном порядке в Правительство Российской Федерации комплекс мер, направленных на создание условий для доведения к 2020 году в субъектах Российской Федерации уровня использования природного газа в качестве моторного топлива на общественном автомобильном транспорте и транспорте дорожно-коммунальных служб:

а) в городах с численностью населения более 1000 тыс. человек - до 50 процентов общего количества единиц техники;

б) в городах с численностью населения более 300 тыс. человек - до 30 процентов общего количества единиц техники;

в) в городах и населенных пунктах с численностью населения более 100 тыс. человек - до 10 процентов общего количества единиц техники» можно сделать вывод о неизбежности масштабного расширения сети АГНКС.

Расширение сети АГНКС может и должно осуществляться за счет строительства крупных АГНКС (АГНКС быстрой заправки), АГНКС гаражного, домашнего типа (АГНКС медленной заправки) и применения передвижных автогазозаправщиков ПАГЗ (материнская заправка и дочерняя заправка).

Вопрос выбора места под строительство АГНКС очень серьезный и требует детальной проработки. При этом, на наш взгляд, должны рассматриваться следующие факторы:

1. Стоимость земли под строительство АГНКС.
2. Собственность земли под строительство АГНКС.
3. Места скопления транспортных средств.
4. Места расположения предприятий автомобильного транспорта.
5. Места расположения автомобильных автомагистралей.

В Омске и Омской области нет ни одной действующей заправки природным газом, хотя на сжиженном нефтяном газе в названном регионе с хорошо развитой инфраструктурой заправки и обслуживания ГБА работает порядка 40 тыс. автомобилей. Причем с 1970 по 1985 год автомобили работали без заправок за счет использования газомоторного топлива специализированным подвижным составом, занятым перевозкой этого вида топлива, нарабатывая опыт эксплуатации ГБА и осуществляя адаптацию водителей при использовании газомоторного топлива. Переоборудованный для работы двигателя на СУГ автомобиль-газовоз АЦЖГ-5,8 в июне 1978 года демонстрировался на ВДНХ СССР в городе Москве и был удостоен золотой, серебряной и 3-х бронзовых медалями с учетом всех новых разработок, представленных на этом экспонате [7].

В октябре 2013 года в региональном Минстрое состоялось совещание по строительству АГНКС на территории Омской области. Председатель Совета директоров ОАО «Газпром» Виктор Зубков и Губернатор Омской области Виктор Назаров подписали Соглашение о использовании природного газа в качестве моторного топлива на территории Омской области. В этом соглашении указано, что регионы должны к моменту пуска заправок обеспечить загрузку каждой АГНКС не менее 30 % ее номинальной мощности, путем получения техники по субсидиям либо переоборудованием собственными силами.

В соответствии с документом стороны реализуют комплекс мероприятий по использованию метана на пассажирском транспорте, коммунальной, сельскохозяйственной и другой технике на территории региона. Первые четыре АГНКС в

Омской области будут построены Газпромом к 2015 году, 3 из которых будут расположены в городе Омске, а 1 в п. Лузино [8]. На сегодняшний день ведется подготовка к строительству этих станций [9]. Омская область, в свою очередь, обеспечит создание парка газомоторной техники для государственных и муниципальных нужд. Омский регион должен выполнить подготовительные работы, в частности, переоборудование и адаптацию техники для работы на метане. В начальный период использования КПГ заправку автомобилей необходимо осуществлять передвижными автозаправочными комплексами, приобретение которых является первоочередным. Также Омская область обеспечит производственно-техническую базу и подготовку инженерно-технического персонала и водителей автотранспортных предприятий, для работы на газомоторном топливе. Правительство региона в рамках своей компетенции будет содействовать подготовке и принятию нормативных правовых актов, направленных на развитие региональных рынков газомоторного топлива [9]. Вопрос заправки агротехники природным газом поднимался на уровне правительства Омской области в 2002 году. Итогом его решения была организована первая заправка сжатого природного газа блочного типа в районном поселке Павлоградка. Отдаленность этого районного поселка от основной автомобильной трассы значительна, и использование ее для автотранспорта общего пользования оказалось невозможным. На сегодняшний день она не функционирует.

При строительстве АГНКС необходимо решать комплексно вопрос о их рациональном размещении. Учитывая отрицательный опыт строительства и эксплуатации АГНКС в районном поселке Павлоградка, необходимо задуматься об эффективности использования АГНКС в поселке Лузино. Помимо рационального размещения АГНКС необходимо учитывать улично-дорожную сеть, сложившуюся застройку территорий города, автобусные маршруты и пункты отстоя автобусов. Крупные пункты отстоя автобусов средней и большой вместимости и маршрутных такси с учетом всех маршрутов движения транспорта города Омска, показаны на рисунке 1.



Рис. 1. Возможное расположение АГНКС применительно к инфраструктуре газификации города Омска и транспортным магистралям

Транспорт, работающий на КПГ, необходимо планировать на маршруты, пункты отстоя которых расположены вблизи АГНКС. Количество автомобилей сконцентрированных на конечных остановочных пунктах дает основание для определения потребности природного газа, необходимого для заправки упомянутых автомобилей. Информация о потребляемом объеме газа нужна для выбора метода заправки, то есть либо рекомендовать строительство стационарной АГНКС, либо можно обойтись передвижными автозаправочными станциями. Строительство АГНКС рационально будет размещать рядом с ГРС, которая находится вблизи пунктов отстоя максимальной концентрации автобусов средней и большой вместимости и маршрутных такси.

Автобусы малой вместимости с бензиновыми моторами, работающие в режиме маршрутных такси, при длине маршрута в среднем около 25 километров, через каждые 6 кругов потребуют заправку

природным газом, топливного бака хватит им на 300 километров. На каждом городском маршруте города Омска работает около 40 маршрутных такси, поэтому количество заправок на каждом пункте отстоя составит от 40 до 60 за сутки. Необходимый объем газа для каждого пункта отстоя будет составлять примерно 3600 м³ в сутки. Данным требованиям вполне удовлетворяет передвижная заправочная станция.

Вопрос организации заправки автобусов крайне актуален. Он имеет несколько вариантов решений. Наиболее простое решение - организовать заправку в каждом АТП, но это возможно только передвижными заправщиками, так как строительство АГНКС требует расположения вблизи с АТП магистрального газопровода. Здесь следует сопоставлять затраты на организацию заправок по каждому из вариантов [10].

Одним из перспективных решений о размещении АГНКС является строительство АГНКС вблизи газовых раздаточных станций городского газопровода и конечного пункта

отстоя пассажирского транспорта [10]. Проведя исследования типажей АГНКС установлено, что масштабное их строительство вовсе необязательно, поскольку существуют модули компрессорные заправочные (МКЗ).

МКЗ предназначены для заправки сжатым природным газом по ГОСТ 27577-2000 транспортных средств давлением до 20 МПа, использующих его в качестве моторного топлива, а также ПАГЗ давлением до 25 МПа. Могут быть установлены на территории газоперекачивающих компрессорных станций, подземных хранилищах газа и на других объектах системы ОАО "ГАЗПРОМ", в которых располагаемый потенциал избыточного давления природного газа находится в пределах от 0,2 до 7,5 МПа и могут быть использованы в качестве общественных заправок [11].

Для большинства городов данные модули можно устанавливать на объектах

газотранспортных систем (например, газораспределительных станций) с использованием избыточного давления природного газа в пределах 3,0-7,5 МПа. Данные МКЗ используются в ряде регионах России начиная с 2004 года, когда их стали активно применять ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» [12]. МКЗ включает в себя двухступенчатую компрессорную установку, систему очистки и осушки природного газа, газопровода, арматуру, систему сигнализации, датчики, заправочный пост. Модуль не требует специального фундамента. Техническое обслуживание и ремонт может осуществляться ремонтной бригадой газоконпрессорной службы и службой контрольно измерительных приборов и автоматики (Кип и А). Управление работой МКЗ может осуществлять один человек [12]. В качестве примера рассмотрим техническую характеристику МКЗСА-100/30-250-2 У1 (таблица 1).

Таблица 1 – Техническая характеристика МКЗСА-100/30-250-2 У1

Параметр	Значение
Давление на вход (изб.), кгс/см ²	30...75
Произв. при станд. условиях, нм ³ /час	180...450
Количество заправочных постов	2
Давление заправки (изб.), кгс/см ²	200, 250
Мощность приводного электродвигателя, кВт	37

Применение данных модулей, безусловно, позволит расширить сеть АГНКС в городах. Так применение МКЗ, например, в городе Омске при минимальном давлении на входе 3,0 МПа получим 3 м³ в минуту. Учитывая, что у городских автобусов объем газовых баллонов составляет около 400 литров (заправка КПГ составит ≈ 100м³) время его заправки составит 33,3 минуты. Максимальная производительность рассматриваемой МКЗСА-100/30-250-2 У1 с учетом двух постов составит 84 автобуса. В городе Омске имеются 4 ГРС, если на каждую из них установить рассматриваемый модуль то теоретически в день можно будет заправить до 336 автобусов. Таким образом, можно при минимальных трудовых, финансовых и временных затратах выполнить задачи поставленные Правительством Российской Федерации.

Заключение

Приведенный в статье материал предлагается как начало решения многофакторного вопроса развития инфраструктуры использования КПГ на пассажирском автомобильном транспорте.

Библиографический список

1. Фролов А. Государственная политика поддержки перевода автомобилей на газовое топливо. [Электронный ресурс]. – URL: <http://gazeo.pl/lpg.html/> (дата обращения: 01.08.2014).
2. Регионы РФ получают субсидии на покупку техники, работающей на газомоторном топливе // АвтоГазоЗаправочный Комплекс +Альтернативное топливо: Международный научно-технический журнал. – 2013. – № 8 (77). – С. 32-34.
3. Правительство Российской Федерации. Распоряжение от 13 мая 2013 г. №767-р. – 2с.
4. АЗС «Газпром нефть» начнут реализовывать газомоторное топливо // АвтоГазоЗаправочный Комплекс +Альтернативное топливо: Международный научно-технический журнал. – 2013. – № 10 (79). – С. 42.
5. Ерохов, В.И. Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика): учебник для вузов / В.И. Ерохов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 598 с.
6. Автомобильные газонаполнительные компрессорные станции. Карта АГНКС России. [Электронный ресурс]. Дата обновления: 20.01.2014. – URL: http://agnks.ru/agnks_map/ (дата обращения: 26.02.2014).
7. Певнев, Н.Г. Эксплуатация автомобилей на сжиженном нефтяном газе / Н.Г. Певнев, Б.М.

Азаров // Газовая промышленность СССР. – 1975. – № 9. – С. 59-64.

8. Газпром потратит 412 млн. руб. на строительство 4-х АГНКС в Омской области к 2015 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа – <http://neftegaz.ru/news/view/114812> (дата обращения: 14.05.2014).

9. Новости Газпрома. АГНКС в Омске // Газовый вектор. Корпоративное издание ООО «Газпром трансгаз Томск». – 2013. – № 9 (109). – С. 4.

10. Певнев, Н.Г. Методы заправки природным газом автомобилей в период становления их эксплуатации / Н.Г. Певнев, А.С. Бакунов // Материалы Международного конгресса Архитектура. Строительство. Транспорт. Технологии. Инновации. – Омск: СибАДИ, 2013. Кн. 3. – С. 59-64.

11. Компрессорное оборудование для заправки транспорта газом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.pkm.ru/catalog/moduli_kompressornie_zapravochnie (дата обращения: 22.07.2014).

12. Коклин, И.М. Модули компрессорные заправочные на магистральных газопроводах - путь к снижению затрат / И.М. Коклин, Потепенко, С.И. Потепенко, В.М. Штепа, А.А. Пономарева // АвтоГазоЗаправочный Комплекс +Альтернативное топливо: Международный научно-технический журнал. – 2011. – №1 (55). – С. 3-6.

DEVELOPMENT OF INFRASTRUCTURE OF USING COMPRESSED NATURAL GAS AS A MOTOR FUEL ON MOTOR TRANSPORT

N. G. Pevnev, M. V. Banket, A.S. Bakunov

Abstract. The authors suggest the ways of developing infrastructure of using compressed natural gas as a motor fuel on passenger motor transport. There are presented prospects of using compressor filling modules near city distributive stations on natural gas pipelines in the cities with poorly developed infrastructure of providing motor transport with compressed natural gas.

Keywords: motor transport, compressed natural gas, autogas-filling compressor stations, compressor filling module, city distributive stations.

References

1. Frolov A. *Gosudarstvennaja politika podderzhki perevoda avtomobilej na gazovoe toplivo* [State policy of supporting automobiles' transfer to gas fuel]. Available at: <http://gazeo.pl/lpg.html/> (accessed: 01.08.2014).

2. Regiony RF poluchat subsidii na pokupku tehniki, rabotajushhej na gazomotornom toplive [Regions of the Russian Federation will receive subsidies for purchasing equipment, working on gas motor fuel]. *AvtoGazoZapravochnyj Kompleks +Al'ternativnoe toplivo: Mezhdunarodnyj nauchno-tehnicheskij zhurnal*, 2013, no 8 (77). pp. 32-34.

3. *Pravitel'stvo Rossijskoj Federacii. Rasporjazhenie ot 13 maja 2013. №767-r.* 2p.

[Government of the Russian Federation. The order of May 13, 2013 No. 767].

4. AZS «Gazprom neft'» nachnut realizovyvat' gazomotornoe toplivo [GFS «Gazprom neft'» will start realizing gas motor fuel]. *AvtoGazoZapravochnyj Kompleks +Al'ternativnoe toplivo: Mezhdunarodnyj nauchno-tehnicheskij zhurnal*, 2013, no 10(79). 42 p.

5. Erohov V.I. *Gazoballonnye avtomobili (konstrukcija, raschet, diagnostika): uchebnik dlja vuzov* [Compressed gas automobiles (design, calculation, diagnostics)]. Moscow, Gorjachaja linija-Telekom, 2012. 598 p.

6. *Avtomobil'nye gazonapolnitel'nye kompressornye stancii. Karta AGNKS Rossii.* [Automobile gas-filling compressor stations. Card of automatic compressor gas stations of Russia]. Available at: http://agnks.ru/agnks_map/ (accessed: 26.02.2014).

7. Pevnev N.G., Azarov B.M. *Jekspluatacija avtomobilej na szhizhenom neftjanom* [Operation of cars on the liquefied oil gas]. *Gazovaja promyshlennost' SSSR*, 1975, no 9. pp. 59-64.

8. *Gazprom potratit 412 mln. rub. na stroitel'stvo 4-h AGNKS v Omskoj oblasti k 2015.* [Gazprom will spend 412 million rubles for construction of 4 gas filling stations in the Omsk region by 2015]. Available at: <http://neftegaz.ru/news/view/114812> (accessed: 14.05.2014).

9. *Novosti Gazproma. AGNKS v Omske* // *Gazovyj vektor. Korporativnoe izdanie ООО* [News of Gazprom. The gas filling station in Omsk] «*Gazprom transgaz Tomsk*», 2013, no 9 (109). pp. 4.

10. Pevnev N.G., Bakunov A.S. *Metody zapravki prirodnyj gazom avtomobilej v period stanovlenija ih jekspluatacii* [Methods of filling with natural gas of automobiles during their operation]. *Materialy Mezhdunarodnogo kongressa Arhitektura. Stroitel'stvo. Transport. Tehnologii. Innovacii*, Omsk: SibADI, 2013. Kn. 3. pp. 59-64.

11. *Kompressornoe oborudovanie dlja zapravki transporta gazom.* [Compressor equipment for filling of transport with gas]. Available at: http://www.pkm.ru/catalog/moduli_kompressornie_zapravochnie (accessed: 22.07.2014).

12. Koklin I.M., S.I. Potapenko, V.M. Potapenko, A.A. Shtepa Ponomareva *Moduli kompressornye zapravochnye na magistral'nyh gazoprovodah - put' k snizheniju zatrat* [Compressor filling modules on the main gas pipelines - a way to decrease expenses]. *AvtoGazoZapravochnyj Kompleks +Al'ternativnoe toplivo: Mezhdunarodnyj nauchno-tehnicheskij zhurnal*, 2011, no 1 (55). pp. 3-6.

Певнев Николай Гаврилович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: eira_254@mail.ru).

Банкет Михаил Викторович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: eira_254@mail.ru).

Бакунов Александр Славентьевич (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: eira_254@mail.ru).

Pevnev Nikolay Gavrilovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical science, professor of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mail: eira_254@mail.ru).

Banket Mikhail Viktorovich (Russian Federation, Omsk) – candidate the technical sciences, associate professor of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: eira_254@mail.ru).

Bakunov Alexander Slaventyevich (Russian Federation, Omsk) – senior teacher of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: eira_254@mail.ru).

УДК 656.1

ОЦЕНКА ПРОГРАММНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ ДОСТУПНОСТИ ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАЛОМОБИЛЬНЫХ ГРУПП НАСЕЛЕНИЯ

К.Э. Сафронов, С.М. Мочалин
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье рассматривается методика оценки реализации мероприятий госпрограммы "Доступная среда" по повышению доступности среды жизнедеятельности для инвалидов и маломобильных групп населения на примере крупных городов РФ. Недоступность транспортной системы снижает мобильность и ведет к дискриминации по признаку инвалидности. Разработанная бальная система состояния доступности направлена на оценку эффективности программных мероприятий. Рассмотрены вопросы применения нормативной базы, сертификации качества доступности услуг и дальнейшие пути повышения доступности на законодательном уровне.

Ключевые слова: адаптация, доступная среда, городская транспортная система, инвалиды, маломобильные группы населения, эффективность.

Введение

Актуальность данного исследования связана с необходимостью решать накопившиеся проблемы, которые возникают у инвалидов и маломобильных групп населения при передвижении в среде жизнедеятельности. Многие страны, и Россия в том числе, ратифицировали Конвенцию ООН о правах инвалидов и приняли на себя обязательства по обеспечению доступности (адаптации) среды жизнедеятельности к потребностям инвалидов [1]. О значимости этой проблемы для населения говорят следующие цифры, по данным Росстата на 1 января 2014 года в нашей стране проживало 146,267 млн. человек, из них доля людей с инвалидностью составила 8,8%, в том числе: инвалиды III группы – 2,9%, II группы – 4,3%, I группы – 1,1%, дети инвалиды 0,4% [2]. Инвалиды по слуху составили 0,1% от всего населения страны, инвалиды по зрению и колясочники – по 0,2%. К маломобильным

группам населения относятся также дети до 4 лет, люди старше 70 лет, беременные, люди с багажом, колясками, на велосипедах и так далее. Таким образом, потребность в доступной среде испытывают 27% населения страны или 39,5 млн. человек. К примеру, на территории Омской области на 1 января 2014 года проживало более 147 тысяч инвалидов, из них 7,4 тысячи детей-инвалидов, большинство из которых нуждается в посторонней помощи. Передвижения в населенных пунктах как правило осуществляются с задействованием системы общественного транспорта, неслучайно вопросам повышения их доступности в последние годы стало уделяться так много внимания на государственном, региональном и муниципальном уровнях.

В настоящее время в нашей стране реализуется программный подход повышения доступности среды жизнедеятельности, однако он не в полной мере обеспечивает

решение поставленных задач, поэтому возникает необходимость совершенствовать существующие и развивать новые методы. При разработке программных мероприятий не в полной мере задействован научный потенциал, слабо проработана методологическая база, система образования до сих пор не начала подготовку необходимых кадров. Проблемы с финансированием программных мероприятий всегда были предметом критики, а в период санкций стали еще острее.

Программный подход

В нашей стране с 2011 года реализуются государственная программа Российской Федерации «Доступная среда». Сначала она была рассчитана до 2015 года, но скоро стало ясно, что годами накопившиеся системные просчеты с доступностью практически во всех сферах жизнедеятельности, не удастся решить за столь короткий срок. Тем более, что была проведена очень слабая научно-исследовательская подготовительная работа. Об этом можно судить по тому, что полигонами для испытаний стали не отдельные участки дорог и улиц, а целые регионы – Тверская и Саратовская области и Республика Татарстан – где, например, стали укладывать тактильную плитку, которая мешала людям ходить, стала быстро разрушаться и была неправильно уложена из-за непродуманных нормативов или отсутствия опыта.

Программный подход эффективен в отдельных случаях и именно тогда, когда он направлен на решение конкретных задач [3]. В данном случае, например, при обеспечении доступности передвижения инвалида-колясочника до объекта тяготения необходимо решить целый комплекс задач – расширить дверные проемы в его доме, сделать, в случае необходимости, пандус в доме, убрать все барьеры в пешеходной зоне, а в большинстве населенных мест таковой просто нет, т.е. по сути, необходимо благоустроить все населенные пункты, сделать дороги и тротуары с учетом требований доступности. Если необходимо воспользоваться общественным транспортом, то данная транспортная система городского или внегородского транспорта в определенной мере должна обладать характеристиками доступности, как и задействованные при этом линейные объекты. И, наконец, сами объекты посещения должны быть доступны.

Таким образом, многие мероприятия вышли за рамки целевой программы. По справедливому утверждению современных специалистов "транспорт как объект управления чрезвычайно сложен. Это обусловлено переплетением в этой отрасли интересов общества, государства и бизнеса, глубокими различиями между отдельными видами транспорта, территориальной удаленностью взаимодействующих объектов транспортной системы, а также вовлеченностью в транспортную деятельность огромного числа хозяйствующих субъектов, имеющих противоречивые интересы" [4]. Поэтому эффективность транспортной системы определяется сочетанием множества технических, организационных, экономических и социальных факторов. Осложняет проблему и то, что половина регионов не участвует в реализации госпрограммы "Доступная среда", несмотря на 70%-е софинансирование мероприятий со стороны федерального бюджета. Невозможно в одной программе охватывать все сферы жизнедеятельности "жилье – среда – транспорт – объекты обслуживания", тем более, что субсидии выделяются только на обеспечение доступности бюджетных объектов.

В Омской области с 2013 года реализуются государственная программа «Доступная среда» до 2020 года (далее – Программа) [5]. Ответственный исполнитель Программы – Министерство труда и социального развития Омской области. Ее цель – обеспечение беспрепятственного доступа к приоритетным объектам и услугам в приоритетных сферах жизнедеятельности (здравоохранение, социальная защита, спорт и физическая культура, информация и связь, культура, транспорт, образование, жилищный фонд) инвалидов и других маломобильных групп населения.

В задачи Программы входит формирование доступной среды жизнедеятельности, повышение уровня доступности приоритетных объектов и услуг, повышение уровня доступности и качества реабилитационных услуг, информационно-методическое и кадровое обеспечение системы реабилитации и социальной интеграции инвалидов, формирование позитивного отношения к проблемам инвалидов и проблеме обеспечения доступной среды жизнедеятельности для инвалидов и других МГН в Омской области.

Целевые показатели сориентированы на повышение доли инвалидов, положительно оценивающих уровень доступности приоритетных объектов и услуг, повышение доли доступных приоритетных объектов в их общем количестве, другие индикаторы.

Механизм реализации госпрограммы

Для реализации поставленных в госпрограмме задач был утвержден порядок формирования доступной среды, который включал несколько этапов – выявление барьеров на путях движения инвалидов и маломобильных групп населения, разработка и реализация планов адаптации, доведение до потребителей информации о состоянии доступности объектов [6]. На начальном этапе был организован процесс паспортизации объектов на доступность. Цель добровольной и бесплатной паспортизации – выявление барьеров на путях передвижения инвалидов, разработка плана мероприятий по их устранению и контроль за процессом адаптации объектов и услуг к потребностям инвалидов и маломобильных групп населения. В каждом муниципальном образовании при комплексном центре социальной защиты населения были созданы комиссии по формированию доступной среды. В состав комиссий вошли подготовленные специалисты социальной сферы, представители органов власти и общественных инвалидов организаций. Комиссии рассматривают анкеты участников паспортизации, участвуют в экспертной оценке, составлении актов, паспортов и планов адаптации, рассматривают

информацию об итогах исполнения планов адаптации объектов и услуг, согласовывают степень "разумного приспособления" объектов. Создан сектор паспортизации, в котором ведется региональный реестр паспортов доступности, а информация о состоянии доступности объектов наносится на карту Омской области на федеральном портале "Учимся жить вместе" по адресу <http://zhit-vmeste.ru>. Это одна из важнейших задач – донесение до потребителя информации о состоянии доступности объекта. Анализ статистики федеральной карты доступности показал большой разброс по количеству нанесенных на карту объектов среди регионов. Из общего количества регионов РФ 84 в 51 регионе нанесено на карту от 0 до 100 объектов, 20 регионов нанесли от 100 до 1000 объектов, 11 – от 1001 до 3200 объектов, 2 – от 15000 до 25000.

В таблице 1 представлены данные о количестве нанесенных на карты доступности регионов РФ объектов по сферам жизнедеятельности и их доле в общем количестве нанесенных объектов. Обследовано и нанесено на карту доступности около 4,48 тыс. дорожно-транспортных объектов, что в общем количестве составляет 7%. Судить о доле доступных дорожно-транспортных объектов в общем их количестве можно по следующему примеру. Только на территории города Омска насчитывается 1200 остановочных комплексов общественного транспорта, из которых только 10% доступны для инвалидов.

Таблица 1 – Количество нанесенных на карты доступности регионов объектов социальной инфраструктуры, август 2015 года

Сфера жизнедеятельности	Общее количество нанесенных на карту объектов, ед.	Доля в общем количестве, %
Места приложения труда	290	0%
Физическая культура и спорт	1621	2%
Связь и информация	1723	3%
Социальная защита населения	4140	6%
Административные организации и учреждения	4525	7%
Дорожно-транспортные объекты	4487	7%
Культура	6861	10%
Здравоохранение	8759	13%
Жилые здания и помещения	9398	14%
Образование	12842	19%
Потребительский рынок и сфера услуг	13306	20%
Всего	67952	100%

Специалисты комплексных центров проводят паспортизацию по методике, утвержденной Министерством труда РФ. Доступность объекта при этом складывается из доступности его отдельных элементов по шести функциональным зонам. Оценивается, как инвалиду можно добраться до объекта пешком, с помощью общественного или личного транспорта, доступность остановок, парковок и территории. Далее оценивается вход в здание, вертикальные и горизонтальные пути передвижения, зона обслуживания, санитарные комнаты и система информации на объекте. Все они должны быть доступны для инвалидов всех категорий в необходимой для получения услуг степени, либо должна быть организована альтернативная форма их оказания. Существующая система показателей не позволяют проводить анализ изменения состояния доступности объектов, т.к. в ней используется словесная интерпретация. Доступность объектов и услуг оценивается по следующей шкале: ДП-В – доступно полностью всем; ДП-И (К, О, С, Г, У) – доступно полностью избирательно (указывается категориям инвалидов); ДЧ-В – доступно частично всем; ДЧ-И (К, О, С, Г, У) – доступно частично избирательно (указывается категориям инвалидов); ДУ – доступно условно, ВНД – временно недоступно и т.д. Всего можно насчитать 38 различных сочетаний данных характеристик состояния доступности.

По состоянию на 1 августа 2015 года в Омской области паспортизацию прошли 1375 объектов социальной инфраструктуры, работы по адаптации начались на 445 объектах, на карту нанесено 1367 объектов. Следует заметить, что паспортизируются на добровольной основе и бесплатно объекты социальной инфраструктуры вне зависимости от формы собственности, но субсидии по Программе выделяются на обеспечение доступности только бюджетных объектов регионального уровня, а это не более 4% всех организаций, оказывающих услуги населению. Кроме того, субсидируются отдельные мероприятия муниципальных программ по доступности, в рамках которых адаптируются объекты транспортной инфраструктуры.

Существует многоступенчатый контроль за соблюдением нормативов по доступности. Сначала специалисты разрабатывают мероприятия по адаптации паспортизованных объектов, опираясь на требования основного документа – свода

правил СП 59.13330.2012 "Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения". Затем проектировщики на их основе создают проекты и следят за ходом их реализации в процессе строительства, в случае необходимости осуществляется государственная экспертиза проектно-сметной документации. В сложных случаях проектирование и реконструкция осуществляется в рамках «разумного приспособления», по согласованию с комиссиями. Главная задача – обеспечить соблюдение прав инвалидов на доступность услуг. Независимо от процесса паспортизации все объекты социальной инфраструктуры раз в три года могут проверяться на соблюдение установленных законодательством требований доступности территориальными органами Министерства труда. План проверок размещается на сайтах Министерства труда и органов Прокуратуры. При выявлении нарушений, уполномоченными представителями составляются протоколы и выписываются предписания об их устранении. Нередко разбирательства заканчиваются в суде. Проверки бывают плановые и внеплановые, связанные с обращением граждан, чьи права были нарушены, при этом активная позиция граждан только способствует повышению доступности.

Нормативная база

Ситуация с формированием нормативной базы по доступности имеет свои особенности. Сначала в рамках федеральной целевой программы "Социальная поддержка инвалидов на 2000-2005 годы" в структуре системы нормативных документов в строительстве был разработан 35-й комплекс – "Обеспечение доступной среды жизнедеятельности для инвалидов и других маломобильных групп населения". Основным документом в нем был СНиП 35-01-2001 (строительные нормы и правила). В структуру комплекса входили 13 СП (своды правил), 10 МДС (методическая документация в строительстве), 1 РДС (руководящий документ системы) и различные пособия. Практически все нормативы имели иностранное происхождение и были просто переведены, поэтому отдельные нормы не могли быть реализованы в наших социальных, экономических и климатических условиях. Например, на остановках общественного транспорта рекомендовалось делать подъемные платформы для посадки колясочников в автобусы, троллейбусы и трамваи. В условиях зимних сугробов это сложно представить, а тем более реализовать.

В 2012 году, в связи с ратификацией Конвенции ООН о правах инвалидов, комплекс был актуализирован, потерял структурный признак и сейчас представляет набор сводов правил по основным сферам жизнедеятельности. Были изменены основные параметры, например, обязательный уклон пандуса уменьшился с 8% до 5%. В результате, многие объекты и целые улицы, где были проведены работы по повышению доступности по старым нормативам уже не соответствуют современным требованиям и нуждаются в реконструкции. В 2016 году должен вступить в силу ГОСТ Р 56305-2014 "Технические средства помощи слепым и слабовидящим людям. Тактильные указатели на пешеходной поверхности", в котором есть два принципиальных новшества: стандартизованы параметры дискретных тактильных элементов и предложена синусоидальная форма рифов, облегчающая их зимнее содержание. Однако новый стандарт, по мнению специалистов Всероссийского общества слепых, содержит значительное количество ошибок, несоответствий и противоречий с международными стандартами и действующими в РФ нормативными документами. Он не охватывает весь круг вопросов, рассмотренных в старом стандарте, и содержит взаимоисключающие с ним требования по допустимым типам тактильных указателей. Опять приходится констатировать, что полигоном для испытаний становятся целые города нашей страны и многое из того, что было сделано придется переделывать, т.к. практика опережает науку.

Финансирование

Адаптация среды в рамках госпрограммы осуществляется по всем основным направлениям – в квартирах инвалидов расширяются проемы, в подъездах устанавливаются пандусы. Инвалидам выдаются средства реабилитации и даже коляски с электроприводом. Городская среда в городах становится доступней с каждым годом. Современная реконструкция улиц обязательно включает оборудование пешеходных путей пандусными съездами, поручнями, тактильной разметкой, звуковыми дублерами сигналов светофоров. Например, 24% муниципального транспорта в городе Омске – это низкопольные модели, куда по аппарели можно заехать с детской или инвалидной коляской. Эти автобусы, троллейбусы и трамваи работают на

54 городских маршрутах, информация о них доступна на сайте "Мой маршрут" в реальном времени.

На обеспечение жизнедеятельности инвалидов в Омской области в 2015 году в рамках Программы предусмотрено более 150 млн. рублей. Часть этих средств направлена на обеспечение доступности 106 объектов социальной, транспортной, инженерной инфраструктуры. Для более эффективного расходования средств необходимо своевременно проводить торги, отбирать надежных подрядчиков, готовить качественные проекты, выбирать материалы и технологии, проводить научные исследования. Для этого необходимо своевременное ритмичное финансирование. Эти вопросы понимаются ежегодно, но реальность заключается в том, что финансовые средства в 2015 году были распределены между соисполнителями Программы лишь в августе. Причины несколько – санкции, падение курса рубля, масса согласований и сложный путь межбюджетных трансфертов, но суть одна, в начале каждого года работа стоит, а в конце появляется бюджетный навес и средства с трудом осваиваются. При этом законодательство не допускает продление или перенос сроков контрактов на следующий год.

В 2014 году мероприятия Программы по обеспечению беспрепятственного доступа инвалидов и маломобильных групп населения к 35 остановочным комплексам и пешеходным переходам на маршрутах общественного транспорта г. Омска оказались под угрозой именно по причине задержки финансирования. Печальный опыт показал, что тактильная плитка разрушается, если ей не дать возможность набрать прочности, уложить на неровное основание (в мороз), подвергать сильным механическим воздействиям при уборке от снега. В начале 2015 года по этим причинам пришлось заменить 15% плитки, уложенной в 2014 году за счет подрядчика по гарантии.

Система оценки доступности

Важнейшими целевыми индикаторами Программы являются: доля приоритетных объектов и услуг в приоритетных сферах жизнедеятельности инвалидов, нанесенных на карту доступности; доля доступных для инвалидов и других маломобильных групп населения приоритетных объектов социальной, транспортной, инженерной инфраструктуры в общем количестве приоритетных объектов; доля объектов социальной инфраструктуры, на

которые сформированы паспорта доступности, в общем количестве объектов в Омской области и т.д.

Вместе с тем, как сказано в Резолюции Генеральной Ассамблеи № 65/186, принятой 21 декабря 2010 года, "Организация Объединенных Наций призывает правительства и органы и учреждения ООН включать вопросы, касающиеся инвалидности и инвалидов, в процесс обзора прогресса в деле достижения целей в области развития, сформулированных в Декларации тысячелетия, и активизировать усилия по учету в их оценке той степени, в какой инвалиды могут воспользоваться благами усилий по достижению этих целей" [7]. Тем не менее, как отмечено в докладе Генерального секретаря ООН, "проблемы инвалидности не учитываются ни в этих целях, ни в связанных с ними задачах и контрольных показателях [8].

Можно констатировать, что на уровне мирового сообщества нет единой системы показателей измерения состояния доступности объектов и услуг в приоритетных сферах жизнедеятельности человека, которые можно было бы использовать на всех уровнях отчетности.

В ходе исследований в СИБАДИ была разработана балльная система оценки доступности: $K_d = 1$ – недоступно; $K_d = 2$ – доступно с посторонней помощью; $K_d = 3$ – доступно самостоятельно. Ее применение позволит унифицировать отражение доступности социальной и транспортной инфраструктур для маломобильных групп

населения на уровне отдельных элементов и зон объекта, объектов и их групп, в системе муниципального, регионального статистического учета и страны в целом [9]. Проведенная по данной методике в г. Омске в 2012 году оценка 1500 объектов социальной инфраструктуры показала, что их доступность находится на уровне $K_d = 2,28$ (таблица 2). При этом доступность остановок общественного транспорта составила 2,16, парковок – 2,35, прилегающих территорий – 2,66, систем информации – 2,01. Использование балльной системы облегчило анализ данных, позволило спланировать расходы на единицу измерения и достигнуть на расчетный срок уровня $K_d = 2,6$.

Сертификация качества доступности услуг

На текущий момент основные усилия органов исполнительной власти в регионах по формированию доступной среды для инвалидов направлены на выполнение требований строительных норм и правил при адаптации объектов. В связи с этим возникает много вопросов о целесообразности масштабных и затратных мероприятий и преобразований, связанных с доступностью. Приходит понимание, что необходимо больше внимания уделять обеспечению доступности услуг и инфраструктуры предприятий и учреждений социального обслуживания населения для инвалидов, с учетом обязательного выполнения требований «универсального дизайна» и «разумного приспособления».

Таблица 2 – Результаты обследования 1500 объектов на доступность в г. Омске, 2012 год

Сфера деятельности	Общее количество обследованных объектов	Количество недоступных объектов	Объектов, доступных с посторонней помощью	Полностью доступных объектов	Средний коэффициент доступности существующий	Средний коэффициент доступности плановый
Органы власти	1	0	1	0	2,25	2,6
Жилой фонд	4	0	3	1	2,19	2,3
Транспорт	9	1	8	0	2,39	2,6
Прочие	10	0	10	0	2,34	2,5
Физическая культура	13	3	10	0	2,13	2,3
Социальная защита	15	8	3	4	2,23	2,8
Культура	23	3	20	0	2,32	2,7
Связь и информация	24	3	21	0	2,38	2,9
Здравоохранение	122	13	107	2	2,29	2,9
Образование	181	18	163	0	2,14	2,2
Потребительский рынок и сфера услуг	1098	110	948	40	2,41	2,8
Всего:	1500	159	1294	47	2,28	2,6

В текущей работе органов исполнительной власти региона по формированию доступной среды, в ущерб качеству доступности социальных услуг для инвалидов, за главные целевые показатели принимаются только показатели доступности объектов социальной инфраструктуры. Однако приоритетом для всех групп инвалидов является доступность услуг социальной инфраструктуры, а не уровень доступности ее объектов.

Доступность услуг социальной инфраструктуры для инвалидов, характеризуется параметрами качества их доступности для каждой категории инвалидов, имеющих общие специфические потребности в помощи для передвижения и при обслуживании инвалидов. В соответствии со ст. 9 Конвенции ООН о правах инвалидов, органы исполнительной власти обязаны разрабатывать минимальные стандарты, предусматривающие доступность объектов и услуг, вводить их в действие и следить за их соблюдением. В настоящее время утверждаются стандарты качества доступности объектов и услуг для инвалидов в системе добровольной сертификации РФ по основным сферам жизнедеятельности, включая услуги транспорта. Постепенно рынок будет насыщаться фирмами, обеспечивающими экспертизу, разработку проектов по адаптации и их реализацию, а так же осуществляющими сертификацию качества доступности услуг. Этот сегмент в нашей стране еще ждет своего открытия.

Перспективы развития доступности

В дальнейшем нас ждут более существенные изменения на законодательном уровне. С 1 января 2016 года вступает в силу Федеральный закон от 01 декабря 2014 года № 419-ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам социальной защиты инвалидов в связи с ратификацией Конвенции о правах инвалидов", предусматривающий внесение изменений в 24 федеральных закона. Эти изменения направлены на повышение требований и ответственности за соблюдение требований по доступности во всех сферах жизнедеятельности инвалидов, включая обеспечение доступности систем пассажирского транспорта.

Пунктом 1 части 4 статьи 26 Федерального закона от 1 декабря 2014 года № 419-ФЗ предусмотрена разработка дорожных карт. Под дорожной картой

предлагается понимать документ планирования взаимосвязанных по срокам реализации и исполнителям мероприятий, проводимых в целях поэтапного обеспечения для инвалидов условий доступности объектов и услуг. Дорожные карты утверждаются главами муниципальных образований и руководителями органов исполнительной власти.

Составление и реализация дорожных карт является обязательным требованием для органов исполнительной власти. Вместе с тем, как их составлять и на какие средства реализовывать мало кто знает. Дорожная карта может содержать:

1) обоснование целей обеспечения доступности для инвалидов объектов и услуг, а также возможностей их достижения в установленные сроки;

2) сроки и ожидаемые результаты повышения значений показателей доступности для инвалидов объектов и услуг в сферах установленной деятельности, оформленные в таблицу повышения значений показателей.

В картах могут быть использованы реализуемые программные мероприятия, учтены результаты деятельности контрольных органов власти и аккредитованных в системе сертификации организаций. Четко сформулировать цели и поставить задачи поможет научный подход, который должен быть обязательно использован. Современные образовательные стандарты должны предусматривать подготовку специалистов по обеспечению доступности в приоритетных сферах жизнедеятельности населения. Гранты на научную деятельность должны включать тематику по данному направлению.

Выводы

В ходе исследований установлено, что одной из основных проблем при передвижениях инвалидов и маломобильных групп населения является недоступность транспортной системы. Существующая транспортная инфраструктура в большинстве городов и регионов морально и физически устарела и не обладает характеристиками доступности. В настоящее время в стране только ставится задача по обеспечению доступности и лишь в половине регионов разработаны целевые программы по формированию доступной среды, а в отдельных городах – транспортной инфраструктуры.

Для оценки состояния доступности объектов различного назначения была разработана бальная система, которая позволяет унифицировать результаты аудита и мониторинга мероприятий по доступности, получать сведения для адресных списков приспособляемых объектов транспортной инфраструктуры, проводить экономическую оценку затрат. Она может быть использована в системе муниципального, регионального и федерального статистического учета в качестве индикаторов, отражающих уровень доступности социальной и транспортной инфраструктур для маломобильных групп населения страны в целом.

В России сложная экономическая и демографическая ситуация. По прогнозу Минэкономразвития РФ к 2030 году доля нетрудоспособного населения на 1000 человек повысится с 654 в 2012 году до 824 человек. На этом фоне формирование доступной среды будет способствовать повышению доступности мест приложения труда для трудоспособных инвалидов и людей пенсионного возраста. Для предпринимателей доступность объектов позволит повысить прибыль на 10-15% за счет притока новых потребителей. В условиях дефицита бюджета, необходимо оптимизировать расходы за счет более гибкого подхода к обеспечению доступности самих услуг для инвалидов, а не только зданий и сооружений.

Совершенствование программного подхода, широкое развитие механизма дорожных карт позволит в полной мере задействовать рыночный механизм формирования доступной среды. Координацию мероприятий обеспечат институты, в виде отделов при органах исполнительной власти по доступной среде или аккредитованные по системе добровольной сертификации доступности качества услуг организации, которые смогут осуществлять экспертизу и сертификацию проектов, объектов и услуг, проводить мониторинг и реализовывать мероприятия по доступности, что позволило бы более эффективно использовать бюджетные средства, разрабатывать и внедрять механизмы устойчивого развития доступности, информировать население с помощью геоинформационных карт о состоянии доступности объектов и услуг.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 3 мая 2012 г. N 46-ФЗ "О ратификации Конвенции о правах инвалидов"
2. Российский статистический ежегодник [Электронный ресурс] / Росстат. – 2014. – Режим доступа: <http://www.gks.ru>.
3. Сафронов, Э.А. Транспортные системы городов и регионов / Э.А. Сафронов – 2-е. из-ие дополненное: учеб. пособие для вузов с грифом Министерства образования РФ. Издательство АСВ – М., 2007. – С. 196-202.
4. Герами, В.Д. Управление транспортными системами. Транспортное обеспечение логистики: учебник / В.Д. Герами, А.В. Колик. – М., 2015. – 512 с.
5. Государственная программа Омской области «Доступная среда» до 2020 года, утверждена постановлением Правительства Омской области от 16 октября 2013 года № 261-п.
6. Порядок формирования доступной среды жизнедеятельности инвалидов и других маломобильных групп населения в Омской области. Утвержден постановлением Правительства Омской области от 7 августа 2013 года № 192-п.
7. Резолюция Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций № 65/186, принятая 21 декабря 2010 года – [Электронный ресурс]. [2015]. – URL: <http://www.un.org>
8. Доклад Генерального секретаря ООН № 68/95 от 14 июня 2013 года "Путь вперед: охватывающая вопросы инвалидности повестка дня в области развития до 2015 года и на последующий период". – [Электронный ресурс]. [2015]. – URL: <http://www.un.org>
9. Сафронов, К.Э. Методика оценки уровня доступности объектов для инвалидов и маломобильных групп населения с использованием бальной системы / К.Э. Сафронов // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 3 (37). – С. 122-126.

EVALUATION OF PROGRAM ACTIVITIES TO IMPROVE ACCESS TO THE CITY TRANSPORT SYSTEM FOR PEOPLE WITH LIMITED MOBILITY

K.E. Safronov, S.M. Mochalin

Abstract. The article dwells on the method of assessing realization of activities of the state program "Accessible Environment" to improve access to the environment for people with disabilities and limited mobility on the example of big cities of the Russian Federation. The unavailability of the transport system reduces the mobility and leads to discrimination on the basis of disability. Developed grade system of accessibility is directed to assess the effectiveness of program activities. There are considered the problems of using normative framework, quality certification of services' accessibility and further ways for improving availability on the legislative level.

Keywords: adaptation, accessible environment, urban transport system, people with disabilities, people with limited mobility, efficiency.

References

1. Federal Law of May 3, 2012 N 46-FZ "On ratification of the Convention on the Rights of Persons with Disabilities"
2. Statistical Yearbook [electronic resource] / Rosstat. - 2014. - Access: <http://www.gks.ru>.
3. Safronov Je.A. *Transportnye sistemy gorodov i regionov* [Transport systems of cities and regions]. Moscow, 2007. pp. 196-202.
4. Gerami V.D., Kolik A.V. *Upravlenie transportnymi sistemami. Transportnoe obespechenie logistiki: uchebnik* [Transport systems control. Transport support of logistics]. Moscow, 2015. 512 p.
5. State Program of the Omsk region "Accessible Environment" until 2020, approved by the post-of the Government of the Omsk region on Oct. 16, 2013 № 261-p.
6. Procedure for the formation of an accessible environment of disabled persons and other people with limited mobility in the Omsk region. Approved by the Government of the Omsk region on August 7, 2013 № 192-p.
7. Resolution of the General Assembly of the United Nations № 65/186, adopted on December 21, 2010. Available at: <http://www.un.org>
8. Report of the Secretary-General of the United Nations № 68/95 of 14 June 2013 "The Way Forward: covering disability issues agenda for development to 2015 and beyond. Available at: <http://www.un.org>
9. Safronov K.E. Metodika ocenki urovnja dostupnosti ob'ektov dlja invalidov i malomobil'nyh grupp naselenija s ispol'zovaniem bal'noj sistemy

[Methods of assessing the accessibility of facilities for people with disabilities and limited mobility using a grade system]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 3 (37). pp. 122-126.

Сафронов Кирилл Эдуардович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции». Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ) (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: transistem@rambler.ru).

Мочалин Сергей Михайлович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, декан факультета «Экономика и управление» Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ) (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: mochalin_sm@mail.ru).

Safronov Kirill Eduardovich (Russian Federation, Omsk) – candidate the technical sciences, associate professor of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: transistem@rambler.ru).

Mochalin Sergei Mikhailovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, Dean of the Faculty "Economics and Management" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: mochalin_sm@mail.ru).

УДК 621.86

ГАШЕНИЕ МАЯТНИКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА МОСТОВОГО КРАНА С РЕЛЕЙНЫМ ПРИВОДОМ ПРИ МИНИМАЛЬНОМ ЧИСЛЕ ВКЛЮЧЕНИЙ

В.С. Щербаков, М.С. Корытов, Е.О. Шершнева
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. *Анализируется возможность гашения маятниковых колебаний груза, перемещаемого краном мостового типа с релейным приводом при единичном включении привода на разгон и последующем единичном торможении до нулевой скорости с постоянными ускорениями. Приводятся результаты исследования влияния постоянных значений ускорений разгона, торможения и максимальной скорости движения привода отдельной управляемой координаты мостового крана на время перемещения, длину перемещения и остаточную амплитуду колебаний груза при условии минимизации последней. Рассматривается расчетный случай минимального возможного единичного включения привода на разгон и единичного выключения привода при торможении.*

Ключевые слова: *мостовой кран, управление релейного типа, ускорение, число включений, гашение колебаний груза.*

Введение

Уменьшение возникающих при перемещении груза на канатном нежестком подвесе колебаний является одной из ключевых проблем для решения задачи

увеличения производительности мостового крана (МК) [1,2,3]. До 20 % времени цикла МК расходуется на ожидание завершения колебаний груза [4].

При этом приводы движения моста и грузовой тележки большинства используемых в настоящее время МК имеют управления релейного типа. Для таких приводов, оснащенных наиболее распространенными асинхронными электродвигателями, которые постепенно вытесняют двигатели постоянного тока, необходимо обеспечить минимальное число включений и, соответственно, отключений, т.к. каждое включение асинхронного электродвигателя привода моста или грузовой тележки МК приводит к появлению больших пусковых токов, уменьшает срок службы электродвигателя и других элементов привода, что является нежелательным [5].

Поэтому актуальным является исследование возможностей привода с управлением релейного типа по гашению

маятниковых колебаний груза на гибком канатном подвесе при условии минимально возможного числа включений. В этом плане предпочтительным является однократное включение привода на разгон с последующим однократным выключением его при торможении. В связи с этим с позиции гашения остаточных колебаний груза был исследован расчетный случай однократного пуска привода поступательного движения одной из управляемых координат МК (воздействия на отдельную координату маятниковой системы МК) с последующим однократным торможением привода до нулевой скорости точки подвеса.

Расчетный случай минимального возможного единичного включения привода на разгон и единичного выключения привода при торможении

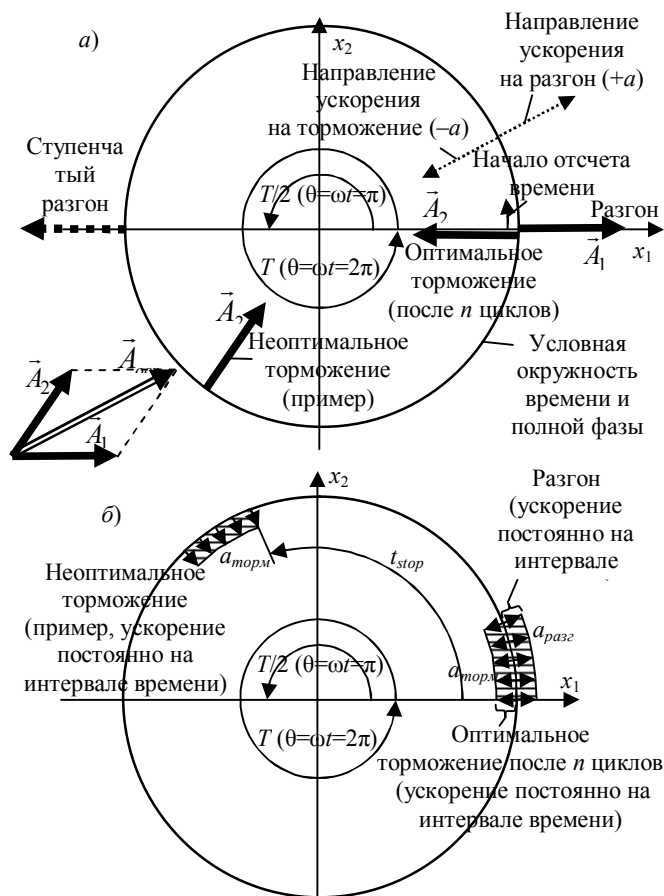


Рис. 1. Векторная диаграмма представления результатов воздействий на маятниковую систему в виде ускорений точки подвеса: а) импульсные воздействия; б) распределенные на интервале времени воздействия

Известно [6,7,8,9], что результаты воздействия на отдельную координату маятниковой системы МК привода в виде ускорений точки подвеса могут быть представлены при помощи векторной

диаграммы (рис.1). На рисунке 1, а приведены примеры такого импульсного воздействия (кратковременного ускорения точки подвеса).

Угол поворота на рисунке 1 соответствует определенному времени процесса колебаний t , а также определенной полной фазе колебаний центра масс груза θ . За начало отсчета времени ($t=0$) принято правое направление горизонтальной оси x_1 . За положительное направление отсчета времени принято вращение против часовой стрелки. При импульсных воздействиях для отдельной координаты маятниковой системы приближенно соблюдается принцип

$$A_{ocm} = A_{\Sigma} = \frac{\omega}{\sqrt{1-\zeta^2}} e^{-\zeta\omega t_n} \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n A_i e^{\zeta\omega t_i} \cos(\omega t_i \sqrt{1-\zeta^2})\right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n A_i e^{\zeta\omega t_i} \sin(\omega t_i \sqrt{1-\zeta^2})\right)^2}, \quad (1)$$

где ω – собственная частота колебаний маятниковой системы, рад/с.

В то же время реальный привод отдельного подвижного звена большинства современных МК не обеспечивает импульсных воздействий, разгон и торможение занимают существенное время. Их длительность может колебаться в зависимости от величин ускорений, обеспечиваемых приводом и конечной максимальной скорости движения точки подвеса груза, от десятых долей секунды до нескольких секунд.

На рисунке 1, б приведены примеры распределенных на интервале времени (длительных) воздействий на подвес маятниковой системы груза в виде постоянных ускорений в той же круговой системе координат.

Допущения, принятые при проведении исследований

При проведении исследований были приняты допущения о том, что значения ускорений разгона $a_{разг}$ и торможения $a_{торм}$ привода отдельной управляемой координаты МК постоянны в процессе разгона и торможения. Разгон точки подвеса груза осуществляется до постоянной (максимальной) скорости движения точки подвеса $v_{л\max}$, торможение – до нулевой скорости. Разгон начинается с нулевой

суммирования векторов, что подтверждается данными ряда зарубежных исследователей [6, 7, 8].

При этом амплитуда остаточных колебаний груза A_{ocm} определяется как модуль вектора суммы всех векторов импульсных воздействий с амплитудами A_1, A_2, \dots, A_n , приложенных к точке подвеса в различные моменты времени, с учетом коэффициента демпфирования колебаний ζ по зависимости:

скорости в нулевой момент времени моделирования.

Параметры МК принимали значения: приведенный коэффициент демпфирования по угловой координате отклонения грузового каната от вертикали 100 Н·м·с/рад; длина грузового каната МК $l=12$ м; масса моста МК – 3500 кг; масса грузовой тележки МК – 1250 кг; масса перемещаемого груза – 100 кг.

Экспериментальная проверка гипотезы

При помощи имитационной математической модели МК [6] была осуществлена экспериментальная проверка гипотезы о том, что в случае равенства ускорений разгона и торможения ($a_{разг}=a_{торм}$) и времени разгона и торможения ($T_{разг}=T_{торм}$), максимальное гашение колебаний при распределенных на интервале времени воздействиях привода на точку подвеса груза обеспечивается при условии приближительного соблюдения равенства

$$t_{stop}=n \cdot T, \quad (2)$$

где t_{stop} – время начала торможения, с; $T = 2\pi\sqrt{l/g}$ – период колебаний маятниковой системы, с; n – целое положительное число циклов колебаний; l – длина грузового каната (длина подвеса груза), м; $g=9,81$ м/с² – ускорение свободного падения.

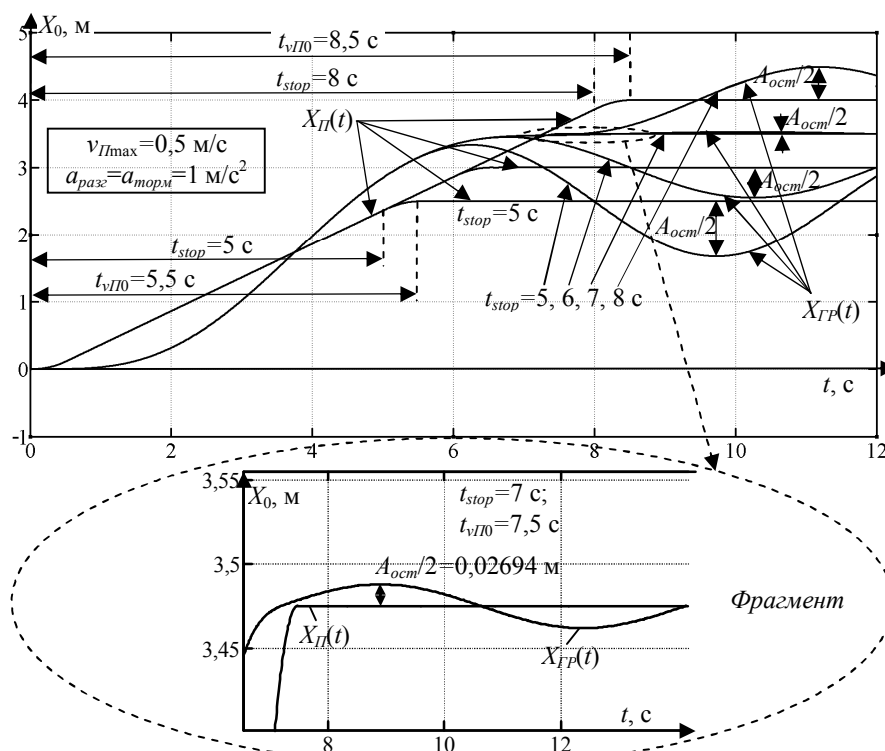


Рис. 2. Временные зависимости декартовой горизонтальной координаты груза $X_{ГР}$ при различных значениях времени начала торможения точки подвеса груза ($t_{stop}=5, 6, 7, 8$ с) и постоянных значениях ускорения торможения ($a_{торм}=1$ м/с²) и времени торможения ($T_{торм}=0,5$ с)

Временные зависимости декартовой горизонтальной координаты груза $X_{ГР}$ при различных значениях времени начала торможения точки подвеса груза ($t_{stop}=5, 6, 7, 8$ с) приведены на рисунке 2. Из него видно, что при определенном значении времени начала торможения ($t_{stop}=7$ с) амплитуда остаточных колебаний груза относительно конечного положения равновесия $A_{осм}$ может быть значительно уменьшена. Технологические параметры процесса принимали постоянные значения: ускорения разгона и торможения $a_{раз}=a_{торм}=1$ м/с², время торможения $T_{торм}=0,5$ с. Максимальное значение скорости движения точки подвеса также принимало фиксированное значение $v_{Пmax}=0,5$ м/с.

Результаты влияния времени начала торможения точки подвеса груза t_{stop} на остаточные колебания груза, выраженные в виде полуамплитуды $A_{осм}/2$, приведены на рисунке 3. Поскольку время перемещения точки подвеса пропорционально длине перемещения, могут быть также получены зависимости $A_{осм}/2$ от конечной координаты подвеса и груза $X_{Пкон}=X_{ГРкон}$.

Анализ зависимостей, представленных на рисунке 3 позволил сделать следующие выводы.

1. Торможение на каждом последующем периоде колебаний груза постепенно увеличивает амплитуду остаточных колебаний. Это явление объясняется постепенным снижением амплитуды колебаний груза при постоянной скорости движения точки подвеса за счет диссипации энергии. Минимальные значения полуамплитуды остаточных колебаний груза $A_{осм}/2$ могут быть аппроксимированы линейной зависимостью от длины перемещения точки подвеса:

$$A_{осм}/2 = 0,047 \cdot X_{Пкон} - 0,02. \quad (3)$$

2. Торможение с минимальной амплитудой остаточных колебаний возможно в определенные дискретные моменты, через близкие друг к другу промежутки времени, приблизительно равные периоду колебаний маятниковой системы, которым также соответствуют определенные значения длин перемещения точки подвеса груза.

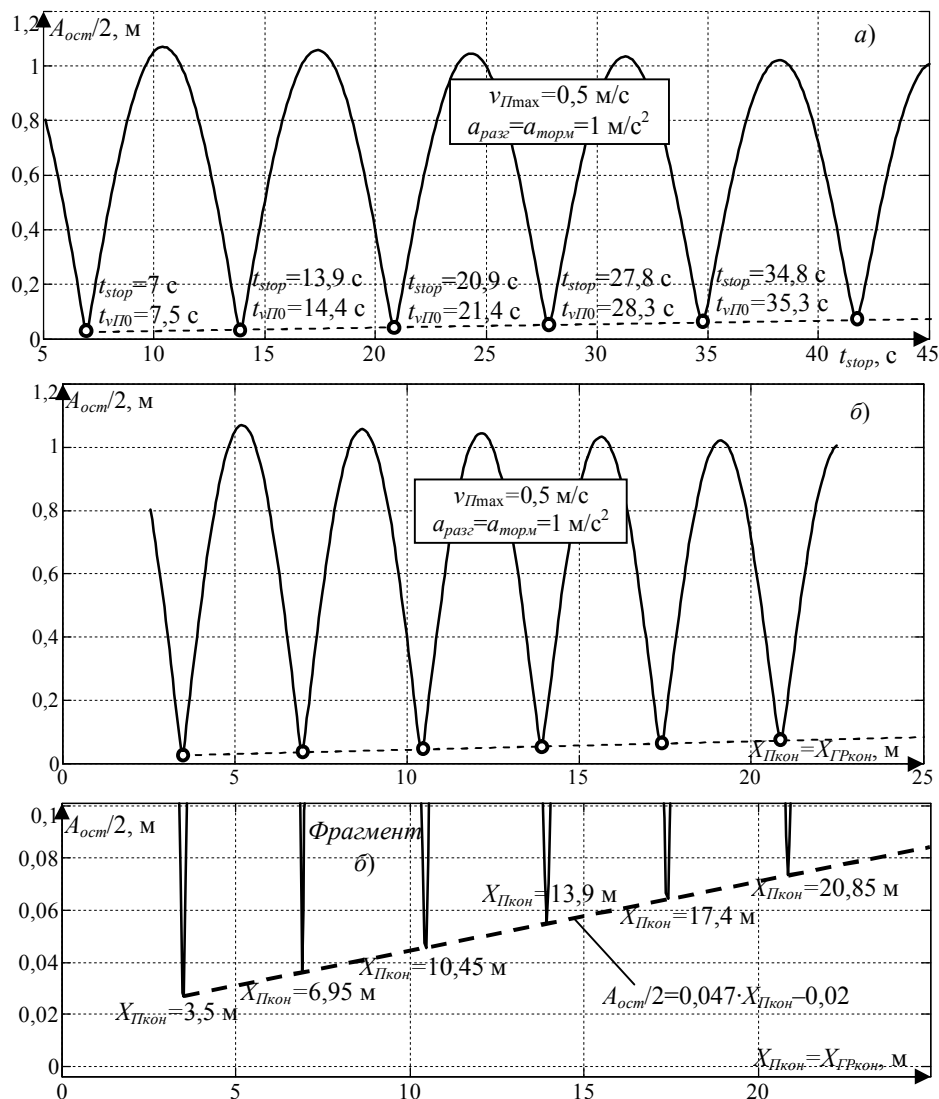


Рис. 3. Зависимости полуамплитуды $A_{осм}/2$ остаточных колебаний груза относительно конечного положения равновесия: а – от времени начала торможения точки подвеса груза t_{stop} ; б – от конечной координаты подвеса и груза $X_{Пкон} = X_{ГРкон}$

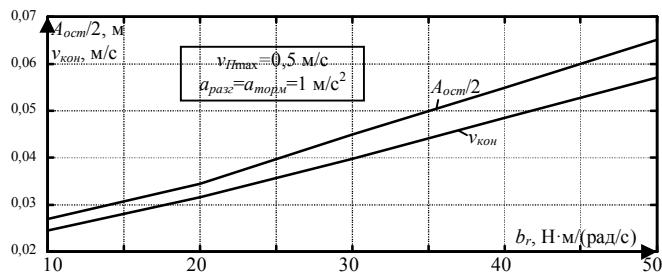


Рис. 4. Зависимости минимальной полуамплитуды $A_{осм}/2$ остаточных колебаний груза и конечной линейной скорости движения груза $v_{кон}$ от значения приведенного коэффициента демпфирования по угловой координате отклонения грузового каната от вертикали b_r

На рисунке 4 приведены графические зависимости минимальной полуамплитуды $A_{ост}/2$ остаточных колебаний груза и конечной линейной скорости движения груза $v_{кон}$ от значения приведенного коэффициента демпфирования по угловой координате отклонения грузового каната от вертикали b_r , полученные при фиксированных значениях прочих параметров МК для первого после разгона периода колебаний груза. При

увеличении коэффициента демпфирования b_r в 5 раз $A_{ост}/2$ и $v_{кон}$ возрастают по зависимости, близкой к линейной в 2,3 раза. Это объясняется более интенсивным уменьшением амплитуды свободных колебаний при увеличении b_r при движении точки подвеса груза с постоянной скоростью. Ускорения разгона, торможения, и максимальная скорость точки подвеса принимали фиксированные значения: $a_{разг} = a_{торм} = 1 \text{ м/с}^2$, $v_{Пmax} = 0,5 \text{ м/с}$.

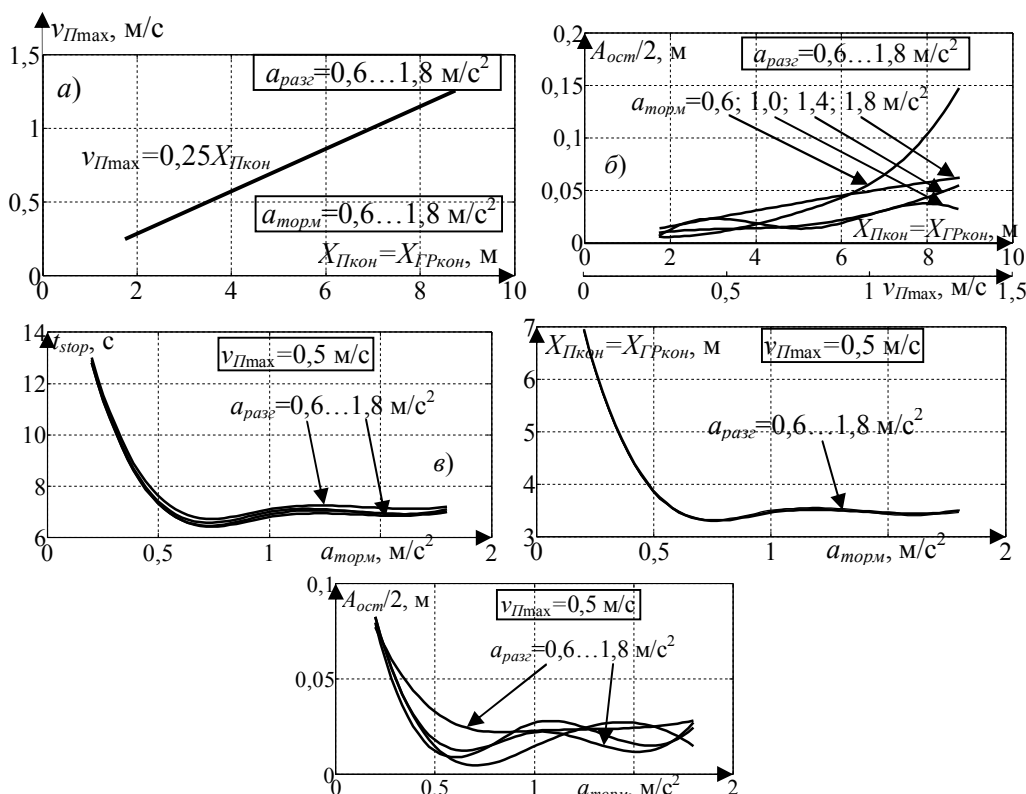


Рис. 5. Зависимости максимальной скорости точки подвеса от длины перемещения (а), полуамплитуды остаточных колебаний от максимальной скорости точки подвеса (б), оптимального времени начала торможения точки подвеса, длины перемещения и полуамплитуды остаточных колебаний от ускорения торможения подвеса (в)

На рисунке 5 приводятся некоторые результаты исследований по варьированию ускорения разгона $a_{разг}$ в пределах $0,6 \dots 1,8 \text{ м/с}^2$ и ускорения торможения $a_{торм}$ в тех же пределах, а также максимальной скорости точки подвеса $v_{Пmax}$ в пределах $0,25 \dots 1,25 \text{ м/с}$. При этом изменяются такие параметры, как амплитуда остаточных колебаний, оптимальное время начала торможения точки подвеса t_{stop} , конечные значения декартовой координаты подвеса и груза $X_{Пкон} = X_{ГРкон}$. При различных значениях ускорений разгона и торможения максимальная скорость точки подвеса $v_{Пmax}$ аппроксимируется выражением

$$v_{Пmax} = 0,25 X_{Пкон} \quad (4)$$

Закключение

Увеличение значения ускорения торможения $a_{торм}$ от $0,25$ до $1,75 \text{ м/с}^2$ при фиксированных значениях прочих параметров приводит к уменьшению значения времени начала торможения точки подвеса t_{stop} приблизительно в 2 раза, аналогичному уменьшению конечных значений декартовой координаты подвеса и груза $X_{Пкон} = X_{ГРкон}$. Амплитуда остаточных колебаний $A_{ост}$ также уменьшается более чем в 2 раза, хотя и остается во всем диапазоне варьирования $a_{торм}$ незначительной, не более $0,15 \text{ м}$.

По графикам, представленным на рисунке 5, может быть сделан вывод о том, что

изменение ускорения торможения $a_{\text{торм}}$ при постоянном ускорении разгона позволяет плавно регулировать как время перемещения груза, так и длину этого перемещения при удовлетворительном гашении колебаний в конечной точке.

Библиографический список

1. Blackburn D., Singhose W., Kitchen J., Patrangenu V., Lawrence J. Command Shaping for Nonlinear Crane Dynamics. *Journal of Vibration and Control*. 2010. no 16. pp. 477-501.
2. Толочко, О.И. Сравнительный анализ методов гашения колебаний груза, подвешенного к механизму поступательного движения мостового крана / О.И. Толочко, Д.В. Бажутин // *Электромашиностроение и электрооборудование*. – 2010. – № 75. – С. 22-28.
3. Щербakov, В.С. Повышение точности и скорости перемещения груза по требуемой траектории грузоподъемным краном мостового типа / В.С. Щербakov, М.С. Корытов, Е.О. Вольф // *Системы. Методы. Технологии*. Братск: БГУ. – 2014. – № 4 (24). – С. 52-57.
4. Щедринов, А.В. Автоматическая система успокоения колебаний груза для мостового крана / А.В. Щедринов, С.А. Сериков, В.В. Колмыков // *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. – 2007. – № 8. – С. 13-17.
5. Москаленко, В.В. Электрический привод / В.В. Москаленко. – М.: Академия, 2007. – 368 с.
6. Singhose, W., Seering, W., and Singer, N., "Residual vibration reduction using vector diagrams to generate shaped inputs," *ASME J. of Mechanical Design*, vol. 116, no. June, pp. 654–659, 1994.
7. Singhose, W., Seering, W., and Singer, N., "Shaping inputs to reduce vibration: A vector diagram approach," in *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, vol. 2, (Cincinnati, OH), pp. 922–927, IEEE, 1990.
8. Singhose, W., Porter, L., Tuttle, T., and Singer, N., "Vibration reduction using multi-hump input shapers," *ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, vol. 119, no. June, pp. 320–326, 1997.
9. Shcherbakov, V., Korytov M., Sukharev R., Volf E. Mathematical modeling of process moving cargo by overhead crane. *Applied Mechanics and Materials*. Vols. 701-702 (2015). pp. 715-720.

SUPPRESSION OF LOAD'S PENDULAR OSCILLATIONS OF A BRIDGE CRANE WITH THE RELAY DRIVE AT THE MINIMUM NUMBER OF TURNING ON

V. S. Scherbakov, M. S. Korytov, E.O. Shershneva

Abstract. The authors analyze the possibility of suppressing load's pendular oscillations of a bridge

crane with the relay drive at single turning on of the drive to the acceleration and subsequent singular braking to zero speed with constant accelerations. There are presented results of studies of influencing constant values of acceleration braking and maximal speed of moving drive of separately managed bridge crane's coordinate on the time of movement, length of movement and residual amplitude of a load oscillations while minimizing the latter. The authors consider the controlling case of minimum possible single drive's turning on to the acceleration and single drive's turning off at braking.

Keywords: bridge crane, relay type control, acceleration, number of turning on, suppression of load's oscillations

References

1. Blackburn D., Singhose W., Kitchen J., Patrangenu V., Lawrence J. Command Shaping for Nonlinear Crane Dynamics. *Journal of Vibration and Control*. 2010. no 16. C. 477-501.
2. Tolochko O.I., Bazhutin D.V. [A comparative analysis of methods of suppressing load's oscillations, suspended to the mechanism of bridge crane's translation] *Electrical engineering and electrical equipment*, 2010, no 75. pp. 22-28.
3. Shcherbakov V.S., Korytov M., Volf E. [Improving the accuracy and speed of load's movements on required trajectory with a bridge crane]. *Systems. Methods. Technologies*, 2014, no 4 (24). pp.52-57
4. Shedrinov, A., Serikov S., Kolmykov V. [An automatic system of load's oscillations suppression for a bridge crane]. *Devices and systems, Management, Controlling, Diagnostic*, 2007, № 8. pp. 13-17.
5. Moskalenko, V., [Electric drive]. Moscow, Academy, 2007, 368 p.
6. Singhose, W., Seering, W., and Singer, N., "Residual vibration reduction using vector diagrams to generate shaped inputs," *ASME J. of Mechanical Design*, vol. 116, no. June, pp. 654–659, 1994.
7. Singhose, W., Seering, W., and Singer, N., "Shaping inputs to reduce vibration: A vector diagram approach," in *IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, vol. 2, (Cincinnati, OH), pp. 922–927, IEEE, 1990.
8. Singhose, W., Porter, L., Tuttle, T., and Singer, N., "Vibration reduction using multi-hump input shapers," *ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, vol. 119, no. June, pp. 320–326, 1997.
9. Shcherbakov, V. S., Korytov M., Sukharev R., Volf E. Mathematical modeling of process moving cargo by overhead crane. *Applied Mechanics and Materials*. Vols. 701-702 (2015). pp. 715-720.

Щербakov Виталий Сергеевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор, декан факультета «Нефтегазовая и строительная техника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sherbakov_vs@sibadi.org).

Корытов Михаил Сергеевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kms142@mail.ru).

Шершнева Елена Олеговна (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: wolf_eo@sibadi.org).

Sherbakov Vitaliy Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: sherbakov_vs@sibadi.org).

Korytov Mikhail Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: kms142@mail.ru).

Shershneva Elena Olegovna (Russian Federation, Omsk) – postgraduate student of the department «Computer-aided manufacturing and electrical engineering», The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: wolf_eo@sibadi.org).

РАЗДЕЛ II

СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 625.7

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПРЕСС ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Н. П. Александрова, Т. В. Семенова, К. Ю. Стригун
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В публикации выполнен обзор и анализ приборов и оборудования экспресс оценки модуля упругости, калифорнийского числа несущей способности и твердости грунтов, оцениваемой глубиной проникновения конуса динамических пенетрометров от одного удара. Анализ работ предшественников позволит разработать математические модели, связывающие коэффициент уплотнения грунта с коэффициентом увлажнения при испытании различными приборами, установками динамического нагружения, динамическими конусными пенетрометрами российского и зарубежного производства, измерителем жесткости грунта GeoGauge. В работе описывается методика экспериментальных исследований, включающую лабораторные работы и натурные испытания. Применение результатов исследования позволит сгущать сетку контроля коэффициента уплотнения, за счет чего повысится надежность испытаний и однородность степени уплотнения. Это приведет к повышению ровности покрытий и обеспечению требуемого уровня потребительских свойств автомобильной дороги на более продолжительном временном отрезке эксплуатации.

Ключевые слова: коэффициент уплотнения, коэффициент увлажнения, экспресс оценка степени уплотнения, динамический пенетрометр, установка динамического нагружения, измеритель жесткости грунта.

Введение

Качество уплотнения земляного полотна обуславливает показатели прочности и деформируемости грунтов, из которых построена его конструкция. В результате при правильно запроектированной дорожной одежде грунты работают в стадии уплотнения [1], претерпевая остаточные деформации, которые относительно числа, приложенных нагрузок носят затухающий характер [2,3] и связаны с напряжениями линейной зависимостью [4]. Таким образом, степень уплотнения грунта оказывает влияние на ровность покрытия, к которой норматив¹ выдвигает строгие требования, а в работах специалистов [5 – 8], ограничения по глубине неровностей еще более строгие. Ровность покрытий обуславливает важнейшие потребительские свойства автомобильных

дорог: скорость, безопасность и удобство движения, вследствие чего научные исследования, направленные на обеспечения качества уплотнения грунтов актуальны.

Критерием качества уплотнения является степень уплотнения грунта, она характеризуется величиной коэффициента уплотнения и должна соответствовать требованиям строительных правил². Режим и объем контроля, а также предельные отклонения коэффициента уплотнения от требуемых значений регламентируются строительными правилами³. В нижних технологических слоях насыпей высотой более трех метров коэффициент уплотнения контролируют в поперечниках,

¹ ОДН 218.0.006.-2002. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог.

² СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85. – М.: Госстрой России, 2013.

³ СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85. – М.: Минрегион России, 2013.

расположенных на расстоянии не более 50 м, а в других конструкциях поперечного профиля не реже, чем через 200 м. В верхнем технологическом слое земляного полотна не зависимо от конструкции его поперечного профиля степень уплотнения проверяют через каждые 50 м. При ширине земляного полотна до 20 м из поперечника отбирают три пробы, одну берут по оси сооружения, а две другие отбирают на расстоянии 1,5 – 2 м от бровки. При ширине – более 20 м в пределах поперечника берут еще две дополнительные пробы из промежутков между осью и бровкой. Безусловно, что для повышения надежности контроля коэффициента уплотнения целесообразно сгущение сетки контроля, то есть уменьшение шага отбора проб по длине и увеличение точек контроля в пределах одного поперечника. Точные методы определения плотности, регламентируемые государственными стандартами⁴ обладают высокой трудоемкостью отбора проб и требуют значительных затрат времени на лабораторное определение плотности и влажности грунта. Поэтому возникает острая необходимость в развитии методов экспресс оценки степени уплотнения грунтов, выполняемой непосредственно на строительном объекте.

Состояние вопроса

В рамках состояния вопроса целесообразно выполнить анализ работ выполненных в двух направлениях:

1. Поиска корреляционных зависимостей связывающих параметры прочности и деформируемости грунта с его коэффициентом уплотнения.

2. Разработки и совершенствования приборов экспресс оценки показателей механических свойств грунта и степени его уплотнения. В исследованиях этого направления особый интерес представляют работы, в которых приведены математические модели, связывающие показания приборов с параметрами прочности и деформируемости грунта.

Большая экспериментальная работа по исследованию влияния влажности и степени уплотнения грунтов на показатели механических свойств выполнена В.М. Сиденко, О.Т. Батракова и Ю.А. Покутнева [9]. В результате получены эмпирические формулы, связывающие модуль упругости, сцепление и угол внутреннего трения с относительной влажностью и коэффициентом уплотнения грунта. Эти формулы приведены в таблице 1 [9]. Известно, что с увеличением плотности сухого грунта показатели прочности и деформируемости грунтов возрастают. В количественном отношении зависимость показателей механических свойств грунтов от коэффициента уплотнения и влажности можно представить эмпирическими формулами В.М. Сиденко, О.Т. Батракова и Ю.А. Покутнева [21], которые приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Формулы для расчета параметров прочности и деформируемости

Вид грунта	Показатель прочности или деформируемости	Формула
Суглинки и глины	Штамповый модуль упругости, МПа	$E = 35046 \cdot k_y^{1,5} \cdot e^{(8,36 \cdot W^2 - 15,78 \cdot W)}$
	Сцепление, МПа	$c = 0,034 \cdot k_y^{1,5} \cdot e^{(3,94 \cdot W - 6,81 \cdot W^2)}$
	Угол внутреннего трения, °	$\varphi = 58,6 \cdot (1 - W) \cdot k_y$
Супеси легкие непылеватые	Штамповый модуль упругости, МПа	$E = 209 \cdot k_y^{1,5} \cdot e^{(1,627 \cdot W^2 - 3,56 \cdot W)}$
	Сцепление, МПа	$C = 0,202 \cdot k_y^{1,5} \cdot e^{(4,6 \cdot W^2 - 7,58 \cdot W)}$
	Угол внутреннего трения, °	$\varphi = 43 \cdot (1 - 3 \cdot W) \cdot k_y$
Супеси крупные	Штамповый модуль упругости, МПа	$E = 82 \cdot k_y^{1,5} \cdot e^{(0,4 \cdot W^2 - 0,72 \cdot W)}$

Примечание: W – относительная влажность, определяемая отношением влажности грунта W_e к влажности на границе текучести W_l ($W = W_e / W_l$).

⁴ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М: ВГУП Стандартиформ, 2005. 19 с.

Из анализа данных таблицы 1 следует, что возможно решение обратной задачи, то есть определения коэффициента уплотнения при известных относительной влажности грунта и параметрах прочности и деформируемости. Влажность на границе текучести определяется в лаборатории, а объем испытаний для одного вида грунта составляет 1 измерение на 2000 м³. То есть при строительстве земляного полотна этот параметр уже известен. Влажность грунта и показатели прочности и деформируемости можно определить на строительной площадке, применяя приборы для экспресс-оценки. Таким образом, у мастера возникает возможность оперативно определять достаточность степени уплотнения грунта и принимать решение об окончании работы катков. Сотрудники лаборатории имеют возможность сгущения сетки контроля (уменьшения шага измерений в продольном и поперечном направлении), что повышает надежность контроля. Сгущение сетки контроля дает преимущество выявление мест с неоднородным уплотнением то есть с резко отличающимися коэффициентами уплотнения. Наличие таких участков негативно сказывается на ровности покрытий. Связано это с тем, что грунт с более высоким коэффициентом уплотнения испытывает остаточные деформации меньшей величины, по сравнению с грунтом с меньшей степенью уплотнения. Как известно [10] глубина неровности в рассматриваемой точке покрытия обусловлена разностью остаточных деформаций в этой точке и точке с наименьшей деформацией. Поэтому устранение участков с неоднородным уплотнением в процессе строительства земляного полотна позволяет уменьшить интенсивность деградации ровности покрытия при эксплуатации дороги.

По показателям трудоемкости, производительности и точности, измеряемых параметров, наиболее эффективными средствами контроля являются приборы, устанавливаемые на поверхность земляного полотна и позволяющие за сравнительно короткое время измерять показатели, характеризующие степень уплотнения грунта. Из анализа таблицы 1 следует, что такими

показателями могут являться параметры прочности и деформируемости, например, модуль упругости или деформации грунта, применение которых для оценки качества уплотнения требует их корреляционной связи с коэффициентом уплотнения.

В настоящее время разработано большое количество приборов для определения кратковременного штампового модуля упругости (деформации) грунта. Такие приборы можно объединить в одну группу, называемую установками динамического нагружения (УДН). Методика измерений и обработки данных подробно прописана в руководствах пользователя, которые снабжены корреляционными таблицами, связывающими кратковременные модули со статическим модулем и коэффициентом уплотнения.

Отметим, что большинство таких приборов производятся за рубежом и сопровождаются импортным программным обеспечением, в котором коэффициент уплотнения вычисляется по отношению плотности сухого грунта к его максимальной плотности. Определяемой максимальной плотности за рубежом выполняют соответствующим типу грунта тестом (А, В или С) стандартным или модифицированным методом Р. Проктора. В РФ для этого эксперимента применяют метод стандартного уплотнения. Эти методы имеют отличия, как по методике проведения испытания, так и по оборудованию. Поэтому максимальная плотность грунта, определяемая по методам РФ, США и стран Евросоюза различная. Эта требует уточнения коэффициентов уплотнения, которые показывают зарубежные УДН или оборудование, работающее на импортном программном обеспечении.

Другим вариантом приборов, устанавливаемых на поверхность земляного полотна, являются измерители жесткости, по показаниям которых вычисляется модуль упругости. Одним из таких эффективных полевых приборов является измеритель жесткости грунта (GeoGauge), используемый для оценки параметров качества строительства и однородности свойств грунтов земляного полотна.

Таблица 2 – Формулы для расчета коэффициента уплотнения по показаниям прибора GeoGauge

Вид грунта	Формула
Суглинки и глины	$k_y = \sqrt[3]{\left[\frac{1}{35046 \cdot \exp(8,36 \cdot W^2 - 15,78 \cdot W)} \cdot \frac{H_{SG} \cdot (1 - \mu^2)}{1,77 \cdot R} \right]^2}$
Супеси легкие непылеватые	$k_y = \sqrt[3]{\left[\frac{1}{209 \cdot \exp(1,627 \cdot W^2 - 3,56 \cdot W)} \cdot \frac{H_{SG} \cdot (1 - \mu^2)}{1,77 \cdot R} \right]^2}$
Супеси крупные	$k_y = \sqrt[3]{\left[\frac{1}{82 \cdot \exp(0,4 \cdot W^2 - 0,72 \cdot W)} \cdot \frac{H_{SG} \cdot (1 - \mu^2)}{1,77 \cdot R} \right]^2}$

Принципом работы GeoGauge является создание малых динамических нагрузок, действующих на частотах от 100 до 196 Гц [11]. Сила, порожденная GeoGauge, приблизительно составляет 9 Н и генерирует небольшое смещение почвы, составляющее около $5 \cdot 10^{-4}$ дюйма или $1,27 \cdot 10^{-6}$ м, которые имеют устойчивые значения на 25 частотах, находящихся в диапазоне между 100 и 196 Гц [11]. Связь статической жесткости K с модулем упругости однородного полупространства описывается формулой Егорова, которая с учетом конструкции жесткой кольцевой опоры дается в виде [12 – 14]:

$$K = \frac{1,77 \cdot E \cdot R}{(1 - \mu^2)}, \quad (1)$$

где E – модуль упругости грунтового полупространства; R – внешний радиус жесткого опорного кольца прибора; μ – коэффициент Пуассона.

Из (1) модуль упругости определяется по формуле:

$$E = \frac{K \cdot (1 - \mu^2)}{1,77 \cdot R} = \frac{H_{SG} \cdot (1 - \mu^2)}{1,77 \cdot R}, \quad (2)$$

где H_{SG} – считываемые GeoGauge показания жесткости, МН/м; R – внешний радиус жесткого опорного кольца прибора, составляющий 57,15 мм (2,25 дюйма).

Авторам работы [13] формулы таблицы 1 и зависимость (2) связаны в результате чего получены выражения позволяющие вычислить коэффициент уплотнения грунтов по показаниям измерителя жесткости GeoGauge.

Третью группу приборов для контроля степени уплотнения грунта составляют пенетрометры статического и динамического действия. Плотномеры российского производства позволяют определять коэффициент уплотнения, но имеет один серьезный недостаток, связанный с тем, что их таблицы и графики в определенном диапазоне влажностей определяют значение коэффициента уплотнения как детерминированную величину. В действительности твердость грунта и степень уплотнения должны варьироваться в зависимости от влажности.

За рубежом большое внимание уделено поиску корреляционных зависимостей, связывающих показания динамического конусного пенетрометра с калифорнийским числом несущей способности грунта (CBR). Так же известно большое количество работ, в которых найдены эмпирические формулы, связывающие модуль упругости грунта с CBR . Некоторые из этих зависимостей приведены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Корреляционные зависимости между CBR и $DSPI$

Автор	Материал	Формула
M. Livneh [14]	Зернистые материалы и связные грунты	$\log(CBR) = 2,56 - 1,16 \cdot \log(DSPI)$
M. Livneh [15]		$\log(CBR) = 2,45 - 1,12 \cdot \log(DSPI)$
J.R. Harison [16]		$\log(CBR) = 2,55 - 1,14 \cdot \log(DSPI)$
S.L. Webster, R.H. Grau и T.P. Williams [17]	Различные виды дисперсных грунтов	$\log(CBR) = 2,46 - 1,12 \cdot \log(DSPI)$
J. Coonse [18]	Связные грунты	$\log(CBR) = 2,6 - 1,07 \cdot \log(DSPI)$

Примечание: $DSPI$ – индекс проникновения конуса, мм/удар.

Таблица 4 – Эмпирические формулы для определения модуля упругости

Автор или документ	Формула для расчета модуля упругости при измерении в	
	psi (фунт/дюйм ²)	кПа
W. Heukelom и A.J.G. Klomp [19]	$E = 1,5 \cdot CBR$	$E = 10,342 \cdot CBR$
Witczak [20], Sukumaran [21], Puppala [22]	$E = 1,42 \cdot CBR$	$E = 9,79 \cdot CBR$
Green and Hall [23]	$E = 5,409 \cdot CBR^{0,71}$	$E = 37,294 \cdot CBR^{0,71}$
Witczak [20], Sukumaran [21]	$E = 3 \cdot CBR^{0,65}$	$E = 20,684 \cdot CBR^{0,65}$
Powell et al. [24]	$E = 2,555 \cdot CBR^{0,64}$	$E = 17,616 \cdot CBR^{0,64}$

Авторы работы [25] использовали эмпирические формулы таблиц 3 и 4, что позволило получить формулу, связывающую коэффициент уплотнения с показаниями динамического конусного пенетрометра и относительной влажностью грунта.

По мнению авторов, представленные материалы, демонстрирую практическую значимость освещаемой в публикации задачи совершенствования методов экспресс оценки степени уплотнения грунта. Поэтому считая эту задачу актуальной, авторы предпримут попытку внести свой вклад в ее решение.

Постановка цели и задач

Анализ состояние вопроса позволяет поставить задачу, заключающуюся в обобщении результатов ранее выполненных исследований, которое позволяет получить ряд общих решений, связывающие коэффициент уплотнения с показаниями разных приборов и коэффициентом увлажнения грунтов.

Описание исследования

Анализируя формулы таблицы 1 нетрудно заметить, что коэффициент уплотнения может быть вычислен по обобщающей зависимости:

$$k_y = \left[\frac{E}{A \cdot \exp(B \cdot W^2 - C \cdot W)} \right]^{\frac{2}{3}}, \quad (3)$$

Таблица 5 – Ориентировочные значения параметров грунта⁵, применяемых в формулах (4)

Вид грунта	Разновидность грунта	Ориентировочные значения	
		Оптимальной влажности W_0 , %	Коэффициента $\alpha = W_0 / W_T$
Супесь	Легкие и тяжелые	9 – 15	0,70 – 0,75
	Пылеватые	12 – 18	
	Тяжелые пылеватые	15 – 22	
Суглинок	Легкие	14 – 22	0,55 – 0,60
	Легкие пылеватые	15 – 22	
	Тяжелые пылеватые		
Глина	Песчанистая	16 – 26	0,45 – 0,50
	Пылеватая		
	Жирная	20 – 30	

⁵ Базавлук, В.А. Уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. Теоретические основы и технологии / В.А. Базавлук, Е.Ю. Кузнецов – Томск: Изд-во «Печатная мануфактура», 2006. – 100 с.

где A , B и C – комплексные коэффициенты, зависящие от параметров грунта, характеризующих его вид и разновидность, и прибора, с помощью которого выполнено экспериментальное определение модуля упругости (деформации) грунта. Относительной влажностью удобно оперировать при проектировании дорожных одежд, а при контроле качества уплотнения грунтов наиболее рационально пользоваться оптимальной влажностью W_0 или коэффициентом увлажнения $k_{увл}$. Эти параметры можно вычислить по формулам

$$k_{увл} = \frac{We}{W_0}; \quad W_0 = \alpha \cdot W_T, \quad (4)$$

где α – коэффициент перехода от оптимальной влажности к влажности на границе текучести, определяемый отношением их значений, установленных экспериментально по методам изложенных ГОСТ.

Несмотря на то, что известны ориентировочные значения параметров грунта (таблица 5), используемых в формулах (4), при контроле качества они определяются экспериментально с периодичностью 1 раз на 2000 м³ грунта.

Используя выражения (4) в зависимости (3) можно получить формулу:

$$k_y = \left[\frac{E}{A \cdot \exp(B \cdot \alpha^2 \cdot k_{увл}^2 - C \cdot \alpha \cdot k_{увл})} \right]^{\frac{2}{3}}. \quad (5)$$

Данные работ [19 – 24] показывают, что степенные зависимости являются наилучшим приближением, связывающим модуль упругости и показатель *CBR*. В общем виде эту связь можно записать выражениями:

$$E = a \cdot CBR^b; \quad CBR = b \left(\frac{E}{a} \right)^{\frac{1}{b}}, \quad (6)$$

где *a* и *b* – комплексные коэффициенты, учитывающие параметры грунта, характеризующие его вид и разновидность, а так же приборы, которыми определены модуль упругости (деформации) грунта и показатель *CBR*.

Подставив первую из зависимостей (6) в выражение (5) получим:

$$k_y = \left[\frac{a \cdot CBR^b}{A \cdot \exp(B \cdot \alpha^2 \cdot k_{увл}^2 - C \cdot \alpha \cdot k_{увл})} \right]^{\frac{2}{3}}. \quad (7)$$

Подстановка выражения (2) в формулу (5) приводит к зависимости:

$$k_y = \left[\frac{H_{SG} \cdot (1 - \mu^2)}{1,77 \cdot R \cdot A \cdot \exp(B \cdot \alpha^2 \cdot k_{увл}^2 - C \cdot \alpha \cdot k_{увл})} \right]^{\frac{2}{3}}. \quad (8)$$

Формулы (5), (7) и (8) устанавливают связь коэффициента уплотнения с показателями физических и механических свойств грунта и приборами, применяемыми для их определения, в том числе и экспресс оценки. В этих зависимостях можно учесть показания приборов, по которым определяются модуль упругости или

параметр *CBR*. Например, при определении модуля упругости грунта по обратимой осадке можно воспользоваться представлением Ж. Буссинеска, в соответствии с которым осадка штампа и модуль упругости связаны формулами:

$$S_y = \frac{w_{шт} p b (1 - \mu^2)}{E_y}; \quad S_y = \frac{w_{шт} p D (1 - \mu^2)}{E_y}; \quad (9)$$

$$E_y = \frac{w_{шт} p b (1 - \mu^2)}{S_y}; \quad E_y = \frac{w_{шт} p D (1 - \mu^2)}{S_y},$$

где *w_{шт}* – коэффициент формы площади подошвы и жесткости фундамента, одинаковый для всей площади или различный для ее разных точек, принимаемый по данным Ф. Шлейхера, Н.А. Цытовича и М.И. Горбунова - Посадова, приведенным в таблице 6; *b* – ширина прямоугольного штампа, м; *D* – диаметр штампа, м.

В настоящее время имеется большой выбор динамических грунтовых пенетрометров российского и импортного производства. По мнению авторов динамический конусный пенетрометр⁶ наиболее предпочтителен, потому что позволяет проводить испытания на глубину до 80 см и интерпретировать результаты в виде непрерывной по глубине функции изменения коэффициента уплотнения. То есть проводя измерение в одной точке технологического слоя насыпи можно выполнить измерения в двух, а то и в трех нижележащих технологических слоях. Суть этого метода состоит в измерении глубины проникновения конуса от одного удара груза. Для выявления эмпирической зависимости калифорнийского числа несущей способности грунта (*CBR*) от индекса динамического проникновения конуса (*DCPI*) выполнены обширные исследования [14 – 18].

⁶Оригинальный динамический конусный пенетрометр (*DCP*) был разработан в 1959 году профессором Джорджем Соуверсом (George Sowers). В

этом приборе стальная гиря массой 6,8 кг сбрасывается с высоты 50,8 см и ударяет по наковальне, для того чтобы вызвать проникновение конуса диаметром 3,8 см и углом при вершине 45° в грунт.

Таблица 6 – Значения коэффициента $w_{шт}$ ⁷

Форма штампа	$w_{шт}$ для полупространства				$w_{шт}$ для слоя ограниченной толщины при h/b или h/D				
	w_y	w	w_{cp}	$w_{ж}$	0,25	0,5	1	2	5
Круглый	0,64	1,0	0,85	0,79	0,22	0,38	0,58	0,70	0,78
Квадратный	0,5w	1,12	0,95	0,88	0,22	0,39	0,62	0,77	0,87
Прямоугольный при $h/b=2$	0,5w	1,53	1,30	1,22	0,24	0,43	0,70	0,96	1,16
Прямоугольный при $h/b=3$	0,5w	1,78	1,53	1,44	0,24	0,44	0,73	1,04	1,31
Прямоугольный при $h/b=4$	0,5w	1,96	1,70	1,61	нет	нет	нет	нет	нет
Прямоугольный при $h/b=5$	0,5w	2,10	1,83	1,72	нет	нет	нет	нет	нет
Прямоугольный при $h/b=10$	0,5w	2,53	2,25	2,12	0,25	0,46	0,77	1,15	1,62

Примечание: w_y , w и w_{cp} – коэффициенты для осадок угловых точек, максимальной под центром фундамента (штампа) и средней по всей загруженной площади; $w_{ж}$ – коэффициенты для абсолютно жесткого фундамента (штампа); для слоя ограниченной толщины коэффициенты даны для средней осадки по всей загруженной площади при толщине слоя меньшей удвоенной эквивалентной толщины, определяемой по Н.А. Цытовичу.

Из анализа данных таблицы 3 следует, что коэффициенты эмпирических формул являются индивидуальными параметрами для каждого грунта, но они могут быть установлены испытаниями непосредственно на строительной площадке.

Формулы таблицы 3 представляют собой уравнения прямых в полулогарифмических координатах. В общем виде такое уравнение представим выражением:

$$\log(CBR) = f - g \cdot \log(DCPI). \quad (10)$$

где, $DSPI$ – индекс проникновения конуса, мм/удар; f и g – параметры уравнения регрессии, зависящие от вида тестируемого материала.

Уравнение (10) подобно уравнениям, описывающим характер накопления остаточных деформаций в различных грунтах [26] и материалах [27,28]. Решение этого уравнение относительно параметра CBR несложно основано на применение основных свойств логарифмов и аналогично [26 – 28]. Применяв эти свойства и правило антилогарифмирования, получим формулу:

$$CBR = 10^f \cdot DCPI^{-g}. \quad (11)$$

Подставив (11) в (7) получим:

$$k_y = \left[\frac{a \cdot 10^{f \cdot b} \cdot DCPI^{-g \cdot b}}{A \cdot \exp(B \cdot \alpha^2 \cdot k_{увл}^2 - C \cdot \alpha \cdot k_{увл})} \right]^{\frac{2}{3}}. \quad (12)$$

Подставив выражение (11) в первую зависимость (6), получим:

$$E = a \cdot 10^{f \cdot b} \cdot DCPI^{-g \cdot b}. \quad (13)$$

Подстановка выражения (13) в формулу (5) приводит к зависимости (12). Отсюда

следует, что зависимость (12) является обобщающей математической моделью, позволяющей вычислять коэффициент уплотнения грунтов в зависимости от его вида и разновидности, глубины проникновения динамического конусного пенетromетра, а так же коэффициента увлажнения, определяемого отношением влажности грунта к его оптимальной влажности.

Формула (12) может быть применена для расчета коэффициента уплотнения при его экспресс определении динамическим плотномером КП-150. Суть российского метода состоит в том, что стержень КП-150 погружают в грунт на глубину 20 см, которая отмечена нижней рисккой. После погружения до нижней рисккой начинают фиксировать (отсчитывать) количество ударов, необходимых для погружения стержня еще на глубину 10 см, которая обозначена верхней рисккой. После окончания погружения прибора на полную глубину 30 см его извлекают с помощью ручек. На одной площадке производят не менее двух параллельных измерений. Расстояние между точками зондирования на одном месте должно быть не менее 20 см. Таким образом, если для каждой из двух точек измерений число ударов необходимое для погружения стержня на глубину 10 см обозначить $n_{уд1}$ и $n_{уд2}$, то глубина погружения от одного удара (мм/удар) в каждой точке составит:

$$S_1 = \frac{100}{n_{уд1}}; \quad S_2 = \frac{100}{n_{уд2}}. \quad (14)$$

⁷Цытович Н.А. Механика грунтов / Н.А. Цытович. – М.: Высшая школа, 1983. – 288 с.

При использовании формулу (12) для ее модификации при применении динамического плотномера КП-150 укажем, что масса гири КП-150 составляет 2,5 ($\pm 0,05$) кг, высота ее сбрасывания 30 ($\pm 0,3$) см, а угол конуса при вершине 30°. Таким образом, характеристики КП-150 и *DCPI* различны, вследствие чего при $S=DCPI$ коэффициенты уплотнения различны. Для этого необходимо, чтобы параметры в выражении (12) были неодинаковы, то есть имели индивидуальные значения для каждого прибора. Подчеркивая эту разницу для вычисления коэффициента уплотнения при испытании КП-150 выражение (12) запишем в виде:

$$k_y = \left[\frac{a_{\text{КП-150}} \cdot 10^{f_{\text{КП-150}} \cdot b_{\text{КП-150}}} \cdot S_{\text{max}}^{-g_{\text{КП-150}} \cdot h_{\text{КП-150}}}}{A_{\text{КП-150}} \cdot \exp(B_{\text{КП-150}} \cdot \alpha^2 \cdot k_{\text{увл}}^2 - C_{\text{КП-150}} \cdot \alpha \cdot k_{\text{увл}})} \right]^2, \quad (15)$$

где S_{max} – максимальная глубина проникновения за один удар, полученная из испытаний в двух точках на одной площадке (точке) поперечного профиля.

Д-Х Чен [29] установил, что модули упругости, вычисляемые по данным динамических испытаний (FWD тесты), выше, чем измеряемые с помощью GeoGauge. В результате была предложена корреляционная зависимость [29]:

$$E_{\text{FWD}} = 37,65 \cdot H_{\text{SG}} - 261,96. \quad (16)$$

$$H_{\text{SG}} = \frac{E_{\text{FWD}} + 261,96}{37,65}. \quad (17)$$

Подстановка зависимости (17) в формулу (8) позволяет получить в общем виде математическую модель для вычисления коэффициента уплотнения через модуль упругости грунта, вычисленные по данным динамических испытаний.

Методика экспериментальных исследований для определения коэффициентов математических моделей

Коэффициенты математических моделей зависят от вида, уплотняемого грунта, и применяемых для контроля степени уплотнения приборов. Для определения этих коэффициентов выполнен цикл экспериментальных работ.

В основе эксперимента лежит стандартная методика пробного уплотнения грунтов укаткой. Суть этой методики сводится к тому, что на строящемся участке в пределах первой захватки выделяются участки, которые и разбиваются на поперечники. В пределах каждого участка укладывается технологический слой одного и того же грунта, но с различными коэффициентами

увлажнения. Причем коэффициенты увлажнения грунта не должны выходить за рамки требуемых значений. То есть состояние грунта по влажности должно обеспечивать требуемую степень уплотнения, например $k_{y(\text{тр})}=0,98$. Поэтому до организации работ для применяемого грунта лаборатория определяет зерновой состав, влажности на границе текучести и раскатывания, вычисляя число пластичности. Это дает возможность определить вид и разновидность грунта. Помимо этих испытаний лаборатория проводит тест на определение максимальной стандартной плотности и оптимальной влажности.

Далее укладывается технологический слой грунта, который уплотняется укаткой. При уплотнении грунта проходами катка периодически производятся тесты приборами экспресс оценки степени уплотнения и штамповые испытания для определения модуля упругости грунта, а так же выполняется отбор проб для определения плотности и влажности грунта в лаборатории с последующим вычислением плотности сухого грунта. По данным лаборатории вычисляются точные значения коэффициента уплотнения и коэффициента увлажнения. Кроме того, лаборатория определяет показатель *CBR*, тестируя грунт в соответствии с требованиями стандарта⁸.

Обработку результатов проводят в следующем порядке:

1. Устанавливают значения коэффициентов *A*, *B* и *C* в формуле (5).
2. Используя штамповые модули упругости и значения *CBR*, установленные в лаборатории, находят значения коэффициентов *a* и *b* в формулах (6).
3. Используя данные натурных испытаний по определению *DCPI* и ее аналогов S_1 , S_2 и S_{max} в формуле (11).

В настоящее время авторами определены коэффициенты формулы (15), которая для большей практичности приведена к виду:

$$k_y = \left[\frac{a_{\text{КП-150}} \cdot 10^{D_{\text{КП-150}}} \cdot S_{\text{max}}^{-E_{\text{КП-150}}}}{A_{\text{КП-150}} \cdot \exp(B_{\text{КП-150}} \cdot \alpha^2 \cdot k_{\text{увл}}^2 - C_{\text{КП-150}} \cdot \alpha \cdot k_{\text{увл}})} \right]^2, \quad (18)$$

где $D_{\text{КП-150}}$ и $E_{\text{КП-150}}$ – коэффициенты, вычисленные произведениями соответствующих коэффициентов формулы (15).

⁸ ASTM D 1883. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

Заключение

1. Разработанный метод позволяет производить оценку коэффициента уплотнения по данным измерений:

1.1. Модуля упругости или калифорнийского числа несущей способности, применяя современные приборы (установки динамического нагружения).

1.2. Глубины проникновения наконечника от одного удара, применяя оригинальный динамический конусный пенетромметр или динамические плотномеры, например КП-150. Применение плотномера КП-150 позволяет определить среднюю величину коэффициента уплотнения в одном технологическом слое на глубине от 20 – до 30 см. Применение динамического конусного пенетромметра позволяет производить непрерывную оценку коэффициентов уплотнения по глубине земляного полотна. Это достигается тем, что от каждого удара измеряется *DSPI*, по величине которой судят о значении коэффициента уплотнения.

2. Рассмотренные испытания можно рассматривать как дополнительные к регламентируемым нормативными документами, что позволяет сгущать сетку контроля коэффициента уплотнения. Таким образом, появляется возможность улучшить качество контроля степени уплотнения земляного полотна и повысить однородность плотности, прочности и деформируемости грунта в сооружении. Повышение однородности плотности грунта позитивно отразится на ровности покрытия и потребительских свойствах дороги.

Библиографический список

1. Александров, А.С. Расчет пластических деформаций материалов и грунтов дорожных при воздействии транспортной нагрузки / А.С. Александров // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. Строительство – 2009. – № 2. – С. 3 – 11.
2. Hu M. et al. Stress-induced anisotropy in sand under cyclic loading // Granular Matter. – 2010. – Vol. 12. – Pp. 469–476.
3. Wichtmann T., Niemunis A. Triantafyllidis Th. Strain accumulation in sand due to drained cyclic loading: on the effect of monotonic and cyclic preloading (Miner's rule) // Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2010. Vol.30, No 8, Pp. 736 – 745.
4. Александров, А.С. Нелинейное пластическое деформирование материалов при воздействии повторных кратковременных нагрузок / А.С. Александров // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2008. – № 10. – С. 74 – 84.

5. Золотарь, И.А. К определению остаточных деформаций в дорожных конструкциях при многократных динамических воздействиях на них подвижных транспортных средств / И.А. Золотарь. – Санкт-Петербург: Изд-во ВАТТ, 1999. – 31 с.

6. Александров, А.С. Критерии расчета дорожных конструкций по ровности, допускаемые и предельные неровности / А.С. Александров // Вестник гражданских инженеров. – 2008. – №4. – С. 97 – 104.

7. Фадеев, В.Б. Влияние остаточных деформаций грунта земляного полотна на колеобразование на проезжей части дорог с жесткими дорожными одеждами / В.Б. Фадеев // Автореф...канд. техн. наук. – М.: Изд-во МАДИ, 1999. – 21 с.

8. Александров, А.С. О допускаемых и предельных значениях неровностей асфальтобетонных покрытий дорожных одежд жесткого типа / А.С. Александров, С.А. Гордеева, Д.Н. Шпилько // Автомобильная промышленность. – 2011. – №2. – С. 31 – 35.

9. Сиденко, В.М. Дорожные одежды с парогидроизоляционными слоями / В.М. Сиденко, О.Т. Батраков, Ю.А. Покутнев. – М.: Транспорт, 1984. – 144 с.

10. Александров, А.С. Моделирование деформационных процессов, протекающих в связных грунтах / А.С. Александров // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2002. – №4. – С. 16 – 19.

11. Humboldt. Construction Materials Testing Equipment. GeoGauge. – Электронный ресурс: <http://www.humboldtmg.com/geogauge.html>. (дата обращения 12.02.2013).

12. Sawangsuriya A., Edil T.B., Bosscher P.J. Evaluating Stiffness and Strength of Pavement Materials // Geotechnical Engineering. 2005. – Vol. 158. – Pp. 217-230.

13. Александрова, Н.П., Применение измерителя жесткости грунта Geogauge для оценки качества уплотнения при операционном контроле / Н.П. Александрова, Н.А. Троценко // Вестник СибАДИ, 2014, № 3 – С. 40 – 47.

14. Livneh M. Validation of Correlations between a Number of Penetration Tests and In Situ California Bearing Ratio Tests, // Transp. Res. Rec. 1219. Transportation Research Board, Washington, D.C. – 1987. – pp. 56-67.

15. Livneh, M., Ishai, I., Livneh, N.A. Automated DCP Device Versus Manual DCP Device. // Rd. and Transport Res. – 1992. – Vol. 1, № 4.

16. Harison J.R. Correlation between California Bearing Ratio and Dynamic Cone Penetrometer Strength Measurement of Soils, // Proc. Instn. Of Civ. Engrs., London, Part 2, 1987. Pp. 83-87.

17. Webster S.L., Grau, R.H., Williams, T.P. Description and Application of Dual Mass Dynamic Cone Penetrometer // Final Report, Department of Army, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. 1992.

18. Coonse J. Estimating California Bearing Ratio of Cohesive Piedmont Residual Soil Using the Scala Dynamic Cone Penetrometer. Master.s Thesis (MSCE), North Carolina State University, Raleigh, N.C. 1999.

19. Heukelom W., Klomp A.J.G. Dynamic Testing as a Means of Controlling Pavements During and After Construction. // Proc., of 1st International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements. 1962.

20. Witczak M.W., Qi, X., Mirza M.W. Use of Nonlinear Subgrade Modulus in AASHTO Design Procedure // Journal of Transportation Engineering. – 1995. – Vol. 121, №. 3. – Pp. 273-282.

21. Sukumaran B., Kyatham V., Shah A., Sheth D. Suitability of Using California Bearing Ratio Test to Predict Resilient Modulus // Proceedings: Federal Aviation Administration Airport Technology Transfer Conference, 2002. – 9 p.

22. Puppala A.J. Estimating Stiffness of Subgrade and Unbound Materials for Pavement Design // NCHRP Synthesis 382, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC. – 2008. – 139 p.

23. Green J.L., Hall, J.W. Nondestructive Vibratory Testing of Airport Pavements Volume I: Experimental Test Results and Development of Evaluation Methodology and Procedure // Federal Aviation Administration Report No. FAA-RD-73-205-1 (September 1975). – 214 p.

24. Powell W.D., Potter J.F., Mayhew H.C., Nunn M.E. The Structural Design of Bituminous Roads // Transport and Road Research Laboratory, TRRL Laboratory Report 1132, Department of Transport, Berkshire, United Kingdom.

25. Семенова, Т.В. Применение Калифорнийского числа несущей способности и динамического конусного пенетрометра для оценки качества уплотнения грунта / Т.В. Семенова, Г.В. Долгих, Б.Н. Полугородник // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 1 – С. 59 – 66.

26. Александров, А.С. Применение теории наследственной ползучести к расчету деформаций при воздействии повторных нагрузок / А.С. Александров. – Омск: СибАДИ, 2014. – 152 с.

27. Barksdale R.D. Laboratory Evaluation of Rutting in Base course Materials. // Proceedings of the 3-rd International Conference on Asphalt Pavements. London – 1972. P. 161-174.

28. Александров, А.С. Пластическое деформирование гранодиоритового щебня и песчано-гравийной смеси при воздействии трехосной циклической нагрузки / А.С. Александров // ИСЖ. – 2013. – №4. – С. 22 – 34.

29. Chen D-H, Bilyeu J., He, R. Comparison of Resilient Moduli Between Field and Laboratory Testing: A Case Study Paper number 990591. 78th Annual Transportation Research Board Meeting. Washington D.C., January 10-14, 1999.

IMPROVING THE METHODS FOR EXPRESS EVALUATION OF THE QUALITY OF A ROAD BED'S SOIL COMPACTION DURING CONSTRUCTION OF AUTOMOBILE ROADS

N.P. Aleksandrova, T.V. Semenova, K.Y. Strigun

Abstract. The authors have implemented a review and analysis of instruments and equipment for express evaluation of elasticity modulus, California bearing ratio and soil hardness, measured by the

depth of penetration of the dynamic penetrometers' cone from a single impact. The analysis of the predecessors' work will allow to develop mathematical models relating the coefficient of soil compaction with a coefficient of moisture when testing with various devices, installations of dynamic loading, dynamic cone penetrometers of Russian and foreign production, soil hardness gauge - GeoGauge. The authors describe the methodology of experimental studies, including laboratory works and full-scale testing. The use of research results will allow condense the grid of compaction ratio's control, which will increase the reliability of tests and the homogeneity of compaction's degree. This will increase the smoothness of surfaces and ensure the required level of consumer properties of an automobile road for a longer period of operation.

Keywords: compaction ratio, coefficient of moisture, express evaluation of a compaction's degree, dynamic penetrometer, installation of dynamic loading, soil hardness gauge.

References

1. Aleksandrov A.S. Raschet plasticheskikh deformatsiy materialov i gruntov dorozhnykh pri vozdeystvii transportnoy nagruzki [Calculation of plastic deformations of materials and soil under impact of transport loading]. *Stroitel'naya mekhanika inzhenernykh konstruksiy i sooruzheniy. Stroitelstvo*, 2009, no 2. pp. 3 – 11.

2. Hu M. et al. Stress-induced anisotropy in sand under cyclic loading // *Granular Matter*. – 2010. – Vol. 12. – Pp. 469–476.

3. Wichtmann T., Niemunis A. Triantafyllidis Th. Strain accumulation in sand due to drained cyclic loading: on the effect of monotonic and cyclic preloading (Miner's rule) // *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 2010. Vol.30, no 8, Pp.736 – 745.

4. Aleksandrov A.S. Nelineynoye plasticheskoye deformirovaniye materialov pri vozdeystvii povtornykh kratkovremennykh nagruzok [Nonlinear plastic deformation of materials under influence of repeated short-term loadings]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Stroitelstvo*, 2008, no 10. pp. 74 – 84.

5. Zolotar I.A. K opredeleniyu ostatochnykh deformatsiy v dorozhnykh konstruksiyakh pri mnogokratnykh dinamicheskikh vozdeystviyakh na nikh podvizhnykh transportnykh sredstv [To determination of residual deformations in road structures at repeated dynamic impacts on them of mobile vehicles]. St.-Petersburg: Izd-vo VATT, 1999. 31 p.

6. Aleksandrov A.S. Kriterii rascheta dorozhnykh konstruksiy po rovnosti, dopuskayemye i predelnyye ne-rovnosti [The criteria of calculating road structures on flatness assumed and limit roughnesses]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*, 2008, no 4. pp. 97 – 104.

7. Fadeyev V.B. Vliyaniye ostatochnykh deformatsiy grunta zemlyanogo polotna na koleyobrazovaniye na proyezzhey chasti dorog s nezhestkimi dorozhnyimi odezhdami [Influence of residual deformations of a roadbed's soil on rutting on roadways with nonrigid pavements]. Avtoref. kand. tekhn. nauk, Moscow, Izd-vo MADI, 1999. 21 p.

8. Aleksandrov A.S.Б Gordeyeva S.A., Shpilko D.N. O dopuskayemykh i predelnykh znacheniyakh nerovnostey asfaltobetonnykh pokrytiy dorozhnykh odezhd zhestkogo tipa [On assumed and limit values of roughnesses of asphalt concrete pavements of rigid type]. *Avtomobilnaya promyshlennost*, 2011, no 2. pp. 31 – 35.
9. Sidenko V.M., Batrakov O.T., Pokutnev Y.A. *Dorozhnyye odezhdyy s parogidrozolyatsionnymi sloyami* [Pavements with steam and water-proof layers]. Moscow, Transport, 1984. 144 p.
10. Aleksandrov A.S. Modelirovaniye deformatsionnykh protsessov, protekayushchikh v svyaznykh gruntakh [Modeling of the deformation processes proceeding in cohesive soil]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli*, 2002, no 4. pp. 16 – 19.
11. Humboldt. Construction Materials Testing Equipment. GeoGauge. – Электронный ресурс: <http://www.humboldtmfg.com/geogauge.html>. (дата обращения 12.02.2013).
12. Sawangsurriya A., Edil T.B., Bosscher P.J. Evaluating Stiffness and Strength of Pavement Materials. // *Geotechnical Engineering*. 2005. – Vol. 158. – Pp. 217-230.
13. Aleksandrova, N.P., Trotsenko N.A. Primeneniye izmeritelya zhestkosti grunta Geogauge dlya otsenki kachestva uplotneniya pri operatsionnom kontrole [Use of the soil hardness gauge – Geogauge for assessing compaction quality at operational control]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 3 pp. 40 – 47.
14. Livneh M. Validation of Correlations between a Number of Penetration Tests and In Situ California Bearing Ratio Tests, // *Transp. Res. Rec.* 1219. Transportation Research Board, Washington, D.C. – 1987. – Pp. 56-67.
15. Livneh, M., Ishai, I., Livneh, N.A. Automated DCP Device Versus Manual DCP Device. // *Rd. and Transport Res.* – 1992. – Vol. 1, № 4.
16. Harison J.R. Correlation between California Bearing Ratio and Dynamic Cone Penetrometer Strength Measurement of Soils, // *Proc. Instn. Of Civ. Engrs.*, London, Part 2, 1987. Pp. 83-87.
17. Webster S.L., Grau, R.H., Williams, T.P. Description and Application of Dual Mass Dynamic Cone Penetrometer // *Final Report*, Department of Army, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS. 1992.
18. Coonse J. Estimating California Bearing Ratio of Cohesive Piedmont Residual Soil Using the Scala Dynamic Cone Penetrometer. Master.s Thesis (MSCE), North Carolina State University, Raleigh, N.C. 1999.
19. Heukelom W., Klomp A.J.G. Dynamic Testing as a Means of Controlling Pavements During and After Construction. // *Proc.*, of 1st International Conference on Structural Design of Asphalt Pavements. 1962.
20. Witczak M.W., Qi, X., Mirza M.W. Use of Nonlinear Subgrade Modulus in AASHTO Design Procedure // *Journal of Transportation Engineering*. – 1995. – Vol. 121, №. 3. – Pp. 273-282.
21. Sukumaran B., Kyatham V., Shah A., Sheth D. Suitability of Using California Bearing Ratio Test to Predict Re-silient Modulus // *Proceedings: Federal Aviation Administration Airport Technology Transfer Conference*, 2002. – 9 p.
22. Puppala A.J. Estimating Stiffness of Subgrade and Unbound Materials for Pavement Design // *NCHRP Synthesis 382*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, DC. – 2008. – 139 p.
23. Green J.L., Hall, J.W. *Nondestructive Vibratory Testing of Airport Pavements Volume I: Experimental Test Re-sults and Development of Evaluation Methodology and Procedure* // *Federal Aviation Administration Report No. FAA-RD-73-205-1* (September 1975). – 214 p.
24. Powell W.D., Potter J.F., Mayhew H.C., Nunn M.E. *The Structural Design of Bituminous Roads* // *Transport and Road Research Laboratory, TRRL Laboratory Report 1132*, Department of Transport, Berkshire, United Kingdom.
25. Semenova T.V. Dolgikh G.V., B.N. Polugorodnik Primeneniye Kaliforniyskogo chisla nesushchey sposobnosti i dinamicheskogo konusnogo penetrometra dlya otsenki kachestva uplotneniya grunta [Application of the California bearing ratio and dynamic cone penetrometer for assessing quality of soil compaction]. *Vestnik SibADI*, 2014, no1, pp. 59 – 66.
26. Aleksandrov A.S. *Primeneniye teorii nasledstvennoy polzuchesti k raschetu deformatsiy pri vozdeyst-vii povtornykh nagruzok* [Application of the ancestral creeping theory to calculation of deformations under influence of reloadings]. Omsk, SibADI, 2014. 152 p.
27. Barksdale R.D. Laboratory Evaluation of Rutting in Base course Materials. // *Proceedings of the 3-rd International Conference on Asphalt Pavements*. London – 1972. P. 161-174.
28. Aleksandrov A.S. *Plasticheskoye deformirovaniye granodioritovogo shchebnya i peschano-graviynoy smesi pri vozdeystvii trekhosnoy tsiklicheskoй nagruzki* [Plastic deformation of grain and diorite crushed stone and sand-gravel mix under influence of three-axis cyclic loading]. *ISZh*, 2013, no 4. pp. 22 – 34.
29. Chen D-H, Bilyeu J., He, R. Comparison of Resilient Moduli Between Field and Laboratory Testing: A Case Study Paper number 990591. // *78th Annual Transportation Research Board Meeting*. Washington D.C., January 10-14, 1999.

Александрова Наталья Павловна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: aleksandrov00@mail.ru).

Семенова Татьяна Викторовна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: semenova_tv@sibadi.org).

Стригун Ксения Юрьевна (Россия, г. Омск) – магистрант ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Alexandrova Natalia Pavlovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor "Construction and maintenance of roads", The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: aleksandrov00@mail.ru).

Semenova Tatyana Viktorovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences,

associate professor "Construction and maintenance of roads", The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: semenova_tv@sibadi.org)

Strigun Ksenia Yurevna (Russian Federation, Omsk) – master's student of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

УДК 625.7

ОБОСНОВАНИЕ ГРУППОВЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА НА УЧАСТКАХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

Т.В. Боброва, А.А. Дубенков
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Предложен метод решения задачи о закреплении групповых конструктивных решений земляного полотна за участками с повторяющимися по трассе инженерно-геологическими условиями при проектировании автомобильных дорог на многолетнемерзлых основаниях. Разработан алгоритм выбора эффективных вариантов на основе комбинаторного метода по критерию минимизации суммарных дисконтированных затрат на строительство, капитальный ремонт, ремонт и содержание дорожной конструкции в течение жизненного цикла. Результатом решения задачи является структурирование объекта как основы для организационно-технологического проектирования.

Ключевые слова: земляное полотно, групповые конструктивные решения, линейные дорожные комплексы, многолетнемерзлые основания, затраты в жизненном цикле.

Введение

В соответствии с актуализированной редакцией СП 32-104-98 [1] при проектировании земляного полотна железных дорог применяют три различных подхода: типовые конструктивные решения для участков с простыми инженерно-геологическими и топографическими условиями в соответствии с альбомом типовых решений; индивидуальные проекты, разрабатываемые для отдельных участков со сложными инженерно-геологическими условиями, когда требуется проверка устойчивости и прочности земляного полотна и его основания; групповые поперечные профили, разрабатываемые для применения на ряде участков со сложными и многократно повторяющимися на рассматриваемой линии инженерно-геологическими условиями. При этом земляное полотно с уточненными на основании выполненных расчетов параметрами (по сравнению с типовыми поперечными профилями) не требует индивидуального обоснования для каждого объекта.

Аналогичные подходы целесообразно применить при проектировании земляного полотна автомобильных дорог. Решающую роль при назначении конструктивных параметров земляного полотна автомобильной дороги играет полнота и достоверность информации, полученной в процессе инженерных изысканий автомобильной дороги. На основе исследований, представленных в работах [2,3] разработана методика, позволяющая с достаточной степенью достоверности выделить однородные участки с характерными природными условиями, что чрезвычайно важно при проектировании дорожных конструкций, организации строительства, а в дальнейшем при мониторинге состояния и эксплуатации дорог в условиях криолитозоны.

Реализация данной методики позволяет последовательно по этапам осуществлять декомпозицию объекта (трассы дороги) на природно-климатические зоны, участки линейных дорожных комплексов (ЛДК) в составе зон, участки с особо сложными

инженерно-геологическими особенностями местности, требующими индивидуальных решений при проектировании земляного полотна. Линейный дорожный комплекс представляет собой совокупность территориально рассредоточенных участков по длине дороги с повторяющимися инженерно-геологическими и гидрологическими условиями, относительно однородными по совокупности показателей [4].

Постановка задачи

Выбор групповых конструктивных решений земляного полотна для участков ЛДК представляет собой достаточно сложный

процесс, который зависит не только от природной среды, включая геокриологические особенности основания земляного полотна, но и от других факторов, которые при определенных обстоятельствах могут иметь решающее значение. К таким факторам относятся расположение карьеров, физико-механические свойства грунтов в карьерах, характеристики и доступность используемых в качестве прослоек специальных материалов, затраты на транспортирование и т.д. (рис. 1).



Рис. 1. Факторы для выбора варианта конструктивного решения на ЛДК

Схема на рисунке 2 отображает альтернативные варианты привязки конструктивных решений к участкам ЛДК в зависимости от формирования затрат на строительство земляного полотна на этих участках. Формирование массива возможных конструктивных решений осуществляется на основе «базы данных» [5], источников научно-технической информации, данных о реализованных конструкциях на объектах аналогах. При выборе варианта конструкции анализируются особенности природной среды и геокриологической ситуации на участках ЛДК. Расчеты на термическую устойчивость выполняются с использованием программ для ЭВМ с учетом усредненных условий на ЛДК или отдельно для каждого участка на среднюю отметку дорожной конструкции на участке по всем вариантам массива конструкций К. Если высота насыпи в пределах j-го участка ЛДК резко отличается от средней отметки на ЛДК, принимают решение о выделении этой зоны в отдельный

комплекс для проектирования конструкции с учетом региональных условий.

Для закрепления варианта конструктивного решения необходимо, прежде всего оценить затраты на реализацию каждого варианта на участках ЛДК. Критерием оценки приняты суммарные приведенные затраты на строительство и эксплуатацию (ремонт и содержание) земляного полотна в жизненном цикле [6].

При оценке эксплуатационных затрат для разных вариантов нами приняты нормативные затраты по методикам Росавтодора [7]. Предполагается, что сравнение вариантов выполняется для тех конструкций, которые по расчету обеспечивают прочность конструкции и устойчивость основания земляного полотна в условиях многолетенмерзлых грунтов (ММГ). Вид исходной матрицы с вариантами закрепления конструкций за участками ЛДК представлен на рисунке 3.

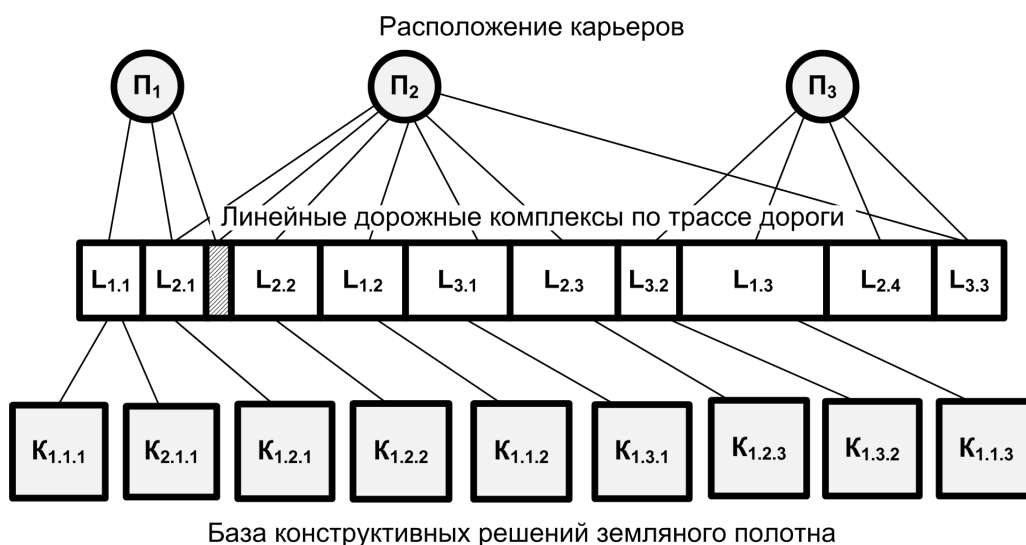


Рис. 2. Схема привязки конструктивных решений к участкам ЛДК. Обозначения: Π_r – номер и расположение грунтового карьера (поставщика), $r=1 \dots R$; L_{ij} – протяженность j -го участка на i -м ЛДК; K_{pij} – p -й вариант конструктивного решения на j -м участке i -го ЛДК. Заштрихован участок индивидуального проектирования

Вариант конструкции	Участки для линейных работ по i -му ЛДК / Протяженность, км				Суммарные затраты по варианту
	1.1/ $L_{1,1}$	1.2/ $L_{1,2}$	1.3/ $L_{1,3}$	1/ $L_{1,4}$	
1	k_{111} $C_{111}^{уд}$ R_{111} Z_{111} $C_{111}^{сп}$ B_{111}	k_{112} $C_{112}^{уд}$ R_{112} Z_{112} $C_{112}^{сп}$ B_{112}	k_{113} $C_{113}^{уд}$ R_{113} Z_{113} $C_{113}^{сп}$ B_{113}	k_{114} $C_{114}^{уд}$ R_{114} Z_{114} $C_{114}^{сп}$ B_{114}	V_{11}
2	k_{211} $C_{211}^{уд}$ R_{211} Z_{211} $C_{211}^{сп}$ B_{211}	k_{212} $C_{212}^{уд}$ R_{212} Z_{212} $C_{212}^{сп}$ B_{212}	k_{213} $C_{213}^{уд}$ R_{213} Z_{213} $C_{213}^{сп}$ B_{213}	k_{214} $C_{214}^{уд}$ R_{214} Z_{214} $C_{214}^{сп}$ B_{214}	V_{21}
3	k_{311} $C_{311}^{уд}$ R_{311} Z_{311} $C_{311}^{сп}$ B_{311}	k_{312} $C_{312}^{уд}$ R_{312} Z_{312} $C_{312}^{сп}$ B_{312}	k_{313} $C_{313}^{уд}$ R_{313} Z_{313} $C_{313}^{сп}$ B_{313}	k_{314} $C_{314}^{уд}$ R_{314} Z_{314} $C_{314}^{сп}$ B_{314}	V_{31}

Рис. 3. Матрица для решения задачи закрепления конструкций за участками. Принятые обозначения: i – индекс ЛДК, $i = \overline{1, I}$; j – индекс участка на i -м ЛДК, $j = \overline{1, J}$; L_{ij} – протяженность j -го участка на i -м ЛДК, км; $k_{pij} \in K$ – индекс конструктивного решения p -го типа ($p = \overline{1, P}$) на j -м участке i -го ЛДК, принадлежащего множеству K ; $C_{pij}^{уд}$ – удельная стоимость строительства 1 км p -ой конструкции на j -м участке i -го ЛДК, тыс. руб; $C_{pij}^{сп}$ – затраты, сопутствующие строительству 1 км p -го варианта конструкции, но не учтенные в удельных затратах, связанных с линейными объемами тыс. руб. B_{pij} – эксплуатационные затраты на 1 км p -ой конструкции на j -м участке i -го ЛДК в t -м году, тыс.руб; Z_{pij} – дисконтированные затраты, включая строительство и эксплуатацию за срок службы по нормативу, тыс. руб

Метод решения. Задача решается с применением комбинаторных методов, принятых в теории и практике функционально-стоимостного анализа (ФСА). В зарубежной и отечественной литературе функционально-стоимостной анализ рассматривается как метод комплексного системного исследования функций объекта, направленный на оптимизацию соотношения между качеством, полезностью функций и затратами на выполнение этих функций на всех этапах жизненного цикла объекта [8]. Этот метод известен в мире как инструмент активной технико-экономической диагностики и оптимизации проектных решений и находил применение при решении ряда дорожных задач [9].

При подборе конструкций желательно сохранять однотипность конструкций на разных участках одного ЛДК. При сравнении вариантов конструкций земляного полотна если сохраняется постоянной конструкция дорожной одежды, то при расчете дисконтированных затрат ее можно не учитывать. При сравнении вариантов с разной конструкцией дорожной одежды на ЛДК, в автоматизированном режиме выполняется проверка конструкции на тепловую устойчивость, сравниваются варианты земляного полотна с разной конструкцией дорожной одежды.

Задача формулируется в следующей постановке. За каждым j -м участком i -го ЛДК протяженностью L_{ij} (см. рисунок 3) закрепляется последовательно одно из конструктивных решений k_{pij} (индекс конструкции - левый верхний угол ячейки). В правом верхнем углу проставляются удельные затраты на строительство 1км j -го участка по конструктивному решению p -го варианта C_{pij}^{∂} .

В левом нижнем углу ячейки проставляются затраты, сопутствующие строительству p -го варианта конструкции C_{pij}^{cp} . В правом нижнем углу ячейки проставляют эксплуатационные затраты B_{pijt} ; в центре ячейки - приведенные дисконтированные затраты на 1км конструкции за срок службы. Итогом каждой строки являются суммарные дисконтированные затраты по i -му ЛДК на реализацию p -го конструктивного варианта на всех участках (V_{pi}).

Целевая функция задачи:

$$F_i = \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^J ((Z_{pij} \cdot Rk_{pij} \cdot L_j)) \rightarrow \min \quad (1)$$

Ограничения задачи и расчетные формулы:

1. выполнение условий обеспечения прочности, устойчивости по сдвигу в грунтовом массиве, и тепловой устойчивости основания земляного полотна по всем конструктивным решениям. Т.е для всех $k_{pij} \in K$ обеспечена прочность, устойчивость на сдвиг и тепловая устойчивость при расчете по ВСН 84-89 [10];

2. $Rk_{pj} = 0$, если решение о закреплении p -го типа конструкции на j -м участке не принято;

3. $Rk_{pj} = 1$, если решение о закреплении p -го типа конструкции на j -м участке принято;

4. $\sum_{p=1}^P Rk_{pij} = 1$ - за каждым участком закрепляется только один p -й тип конструкции, не может быть участка без одной закрепленной конструкции любого типа (итог конструктивных решений по каждому столбцу матрицы = 1);

5. $V_{pi} = \sum_{j=1}^J Z_{pij} \cdot L_{ij}$ - затраты по i -ой строке с p -ой конструкцией на всех участках ЛДК, тыс.руб.;

$$Z_{pij} = \sum_{t=0}^T (C_{pijt}^{уд} + C_{pijt}^{cp} + B_{pijt}) \cdot \alpha_t, \quad (2)$$

где t - шаг дисконтирования (1год); T - горизонт расчета, годы до расчетного срока службы, α_t - коэффициент дисконтирования. Период приведения затрат - начало строительства.

6. Удельные затраты на строительство j -го участка по p -му варианту конструкции рассчитывают по формуле:

$$C_{pij}^{уд} = \sum_{s=1}^S (Q_{ijps} (\underline{C}_{ps}^{пост} + \underline{C}_{ijps}^{достав})) + C_{ijps}^{маш} + C_{ijps}^{доп}, \quad (3)$$

где Q_{ijps} - объем s -го слоя p -го типа конструкции на j -м участке i -го ЛДК, ед. изм./км; $\underline{C}_{ps}^{пост}$ - цена поставщика материала (грунта) s -го слоя p -ой конструкции, тыс.руб/ед.изм.; $\underline{C}_{ijps}^{достав}$ - цена доставки автомобильным транспортом от поставщика (карьера) до места укладки ед. изм. материала s -го слоя p -ой конструкции на среднее расстояние до j -го участка i -го ЛДК, тыс.руб.; $C_{ijps}^{маш}$ - сметная стоимость эксплуатации машин специализированного отряда при работе на s -м слое конструкции, тыс.руб./км; $C_{ijps}^{доп}$ - дополнительные неучтенные ранее затраты, тыс.руб./км;

Расчет объемов работ (количество слоев конструкции) принимается в зависимости от средней высоты насыпи на j -м участке i -го ЛДК.

Целевая функция задачи формулируется следующим образом: закрепить конструктивные решения из массива K по одному за каждым j -м участком i -го ЛДК, чтобы минимизировать дисконтированные затраты на строительство всех участков данного ЛДК. Учитывая однородность природных условий на участках ЛДК, массив принятых конструктивных решений желательно ограничить до 3-х в зависимости от общей длины дороги. При незначительных

отклонениях конструкций по стоимости целесообразно сохранять однотипность конструкций на участках ЛДК для более эффективной загрузки специализированных отрядов. При реализации алгоритма для следующих ЛДК, рекомендуется включать в массив исходных данных ту конструкцию, которая получила преимущество на предыдущем ЛДК. Алгоритм решения задачи представлен на рисунке 4.

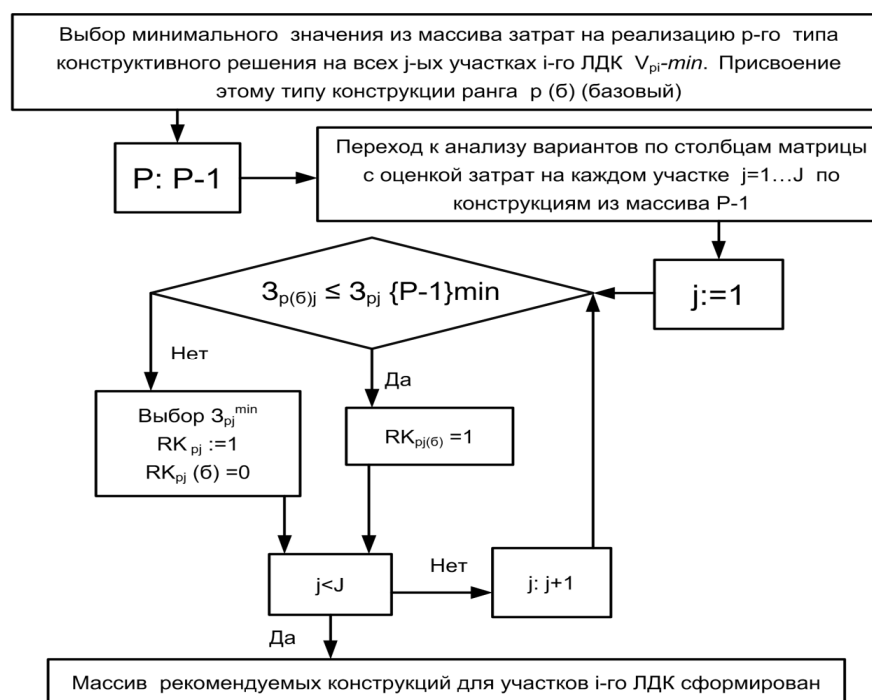


Рис. 4. Алгоритм привязки конструктивных решений к j -м участкам i -го ЛДК

Демонстрационный пример

Демонстрационный пример преобразования исходной матрицы после реализации алгоритма представлен на рисунке 5. Верификация алгоритма показала, что итог расчета с полным перебором всех вариантов (число сочетаний из n по m , $C_n^m = n! / (m!(n-m)!)$) идентичен расчету по сокращенной схеме и дает существенную экономию времени. Расчеты выполняются в программе MS Excel.

После того как за каждым участком всех ЛДК на дороге закреплены эффективные конструктивные решения, можно считать, что объект структурирован на однотипные проектно-технологические модули (ПТМ) – участки с однотипными конструкциями.

Выбор конструкций земляного полотна для участков ЛДК продемонстрирован на примере участка автомобильно дороги 3

технической категории, на многолетнемерзлых грунтах, в Саха-Якутии (I ДКЗ), в таблице 1 отображена взаимосвязь компонентов проектирования земляного полотна на многолетнемерзлых грунтах: ЛДК – участок ЛДК – тип конструктивного решения земляного полотна на основе индивидуального или группового решения.

По результатам линейного дорожного районирования на участке протяженностью 11,6 км было выделено 5 линейных дорожных комплексов с разными природными условиями для группового проектирования конструкций. Два типа конструкций приняты для участков индивидуального проектирования: 1 тип - глубокая выемка, 2 тип - насыпь на заболоченном участке (мари). Типы конструкций для группового проектирования назначены с сохранением мерзлоты в основании насыпи (первый

СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

принцип проектирования). Тип конструкции 3 – насыпь высотой 2,5 – 3,0 м из щебенистых грунтов местных карьеров с двухсторонними бермами; тип 4 – насыпь 3,5 – 4,0 м из несцементированных обломочных грунтов с торфяной прослойкой в нижней части насыпи толщиной 0,3 м. Тип конструкции 5 запроектирован на основании изобретения ОАО «ИркутскгипродорНИИ» (патент RU 2256030 С2, Е 02 D 17/18 РФ [11]). В тело земляного полотна из крупнообломочного грунта включены прослойки из скального грунта, контактирующие с воздухом в периферийных зонах. Периферийные зоны в откосных частях снизу выполнены водонепроницаемыми. Высота водонепроницаемых зон определяется

расчетом. Водонепроницаемость снизу откосных частей периферийных зон в летний период препятствует фильтрации теплых поверхностных вод (верховодки) в основание сооружения, что особенно опасно на высокотемпературной (неустойчивой) вечной мерзлоте.

Затраты на строительство рассчитывались с учетом расположения карьеров, физико-механических свойств грунтов в карьерах, природных климатических и геокриологических факторов на участках ЛДК. Конструкция дорожной одежды на всем протяжении дороги одинаковая и учитывалась при расчете насыпи на тепловую устойчивость.

Вариант конструкции	Участки для линейных работ по i-му ЛДК/Протяженность, км				Суммарные затраты по варианту
	1.1/L _{1.1}	1.2/L _{1.2}	1.3/L _{1.3}	1.4/L _{1.4}	
1	k_{111} $C_{111}^{уд}$ R_{111} Z_{111} $C_{111}^{сп}$ B_{111}	k_{112} $C_{112}^{уд}$ R_{112} Z_{112} $C_{112}^{сп}$ B_{112}	k_{113} $C_{113}^{уд}$ $C_{113}^{сп}$ B_{113}	k_{114} $C_{114}^{уд}$ $C_{114}^{сп}$ B_{114}	V_{11}^*
2	k_{211} $C_{211}^{уд}$ $C_{211}^{сп}$ B_{211}	k_{212} $C_{212}^{уд}$ $C_{212}^{сп}$ B_{212}	k_{213} $C_{213}^{уд}$ R_{213} Z_{213} $C_{213}^{сп}$ B_{213}	k_{214} $C_{214}^{уд}$ R_{214} Z_{214} $C_{214}^{сп}$ B_{214}	$V_{21}^*(б)$
3	k_{311} $C_{311}^{уд}$ $C_{311}^{сп}$ B_{311}	k_{312} $C_{312}^{уд}$ $C_{312}^{сп}$ B_{312}	k_{313} $C_{313}^{уд}$ $C_{313}^{сп}$ B_{313}	k_{314} $C_{314}^{уд}$ $C_{314}^{сп}$ B_{314}	V_{31}

Рис. 5. Пример изменения исходной матрицы после расчета по программе

Таблица 1 – Пример формирования групповых конструктивных решений земляного полотна в условиях ММГ

№ участка(j) на i-м ЛДК, обозначение i, j	Границы участка, км: начало-конец	Протяженность участка l_{ij} , км	Тип конструктивного решения, k
1.1	0 – 2.1	2,1	3
2.1	2.1 – 3.0	0,9	4
3.1	3.0 – 3.5	0,5	1
1.2	3.5 – 5.8	2,3	3
2.2	5.8 – 7.2	1,4	4
1.3	7.2 – 8.3	1,1	3
4.1	8.3 – 9.0	0,7	2
5.1	9.0 – 11.6	2,6	5

Заключение

После того как за каждым участком всех ЛДК на дороге закреплены эффективные конструктивные решения, можно считать, что объект структурирован для принятия в дальнейшем организационно-технологических решений. Однотипные конструкции могут присутствовать на разных ЛДК, но в каждом случае устойчивость земляного полотна обеспечивается расчетом высоты насыпи и различными геометрическими размерами и характеристиками свойств материалов конструктивных элементов. Разработанный алгоритм позволяет целенаправленно управлять поиском рациональных решений и сократить количество итераций при простом переборе вариантов в 8-10 раз и более в зависимости от протяженности дороги и количества участков на ЛДК.

В итоге закрепления конструктивных решений за участками ЛДК формируется структура проектно-технологических модулей земляного полотна, которая служит основой для разработки вариантов организационного проектирования: составов специализированных отрядов, их количества и схем поточной организации работ.

Библиографический список

1. СП 32-104-98 (актуал. 01.10.2008) Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520мм // Утв. ОАО ЦНИИС, 27.12.1996. – 95с.
2. Боброва, Т.В. Математическая модель линейного районирования трассы дороги в зоне многолетнемерзлых грунтов/ Т.В.Боброва, А.А. Дубенков // Вестник ТГАСУ. – 2013. – Выпуск 2. – С.362-370.
3. Bobrova T.V., Dubenkov A.A. Mathematical model of linear road zoning in the permafrost. VESTNIK of Tomsk state University of Architecture and Building/ English version appendix to NN 1-4, 2013 / scientific and Technical Journal? Tomsk-2013 – 141p, p.134-141.
4. Дубенков, А.А. Комплексная оценка инженерно-геологических и мерзлотных условий при районировании трассы дороги / А.А. Дубенков // Вестник СибАДИ. – 2013. – № 4(32) – С 46-52.
5. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620658 «База конструктивных решений земляного полотна на многолетнемерзлых основаниях «Permafrost Construction Base» / А.А. Дубенков, Е.А. Бедрин, Т.В. Боброва; Опубл.08.05.2014; Бюл. Программы для ЭВМ. Базы данных. №6(92)2014.
6. Руководство по оценке экономической эффективности использования в дорожном хозяйстве инноваций и достижений научно-технического прогресса. ОДМД / Министерство транспорта РФ, Росавтодор. – М., 2002. – 71 с.

7. Приказ Минтранса РФ от 01.11.2007г. №157 «О реализации постановления Правительства Российской Федерации от 23 августа 2007 г. N 539 «О нормативах денежных затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог федерального значения и правилах их расчета».

8. Грамп, Е.А. Функционально-стоимостной анализ: сущность, теоретические основы, опыт применения за рубежом / Е.А. Грамп. – М.: Информэлектро, 1980.

9. Дубенков, А.А. Вариантное проектирование дорожных конструкций с использованием функционально-стоимостного анализа / А.А. Дубенков // Материалы VII Международной науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, 14-16 мая 2013г., Волгоград / М-во образования и науки Рос.Федерации, Волгогр.гос.архит.-строит.ун-т. – Волгоград: ВолГАСУ, 2013 – 399с., С. 311-315.

10. Изыскания, проектирование и строительство автомобильных дорог в условиях вечной мерзлоты: ВСН 84-89 / Минтрансстрой: Введ. 30.03.1989. Взамен ВСН 84-75. – М.: Союздорнии, 1990. – 271 с.

11. Земляное полотно на многолетнемерзлых грунтах: патент RU 2256030 С2, Е 02 D 17/18 РФ/ Поленова Л.А., Тугарин А.М., Русаков В.С., Захаренко А.В. Лонский В.Н. // <http://www.freepatent.ru/> URL: <http://www.freepatent.ru/images/patents/212/2256030/patent-2256030.pdf> (дата обращения: 10.03.2013).

REASONING OF GROUP CONSTRUCTIVE SOLUTIONS OF A ROADBED ON AUTOMOBILE ROADS' AREAS IN THE CONDITIONS OF CRYOLITHIC ZONE

T.V. Bobrova, A.A. Dubenkov

Abstract. The authors propose a method for solving the problem of belonging group constructive solutions of a roadbed to areas with repetitive, along a route, engineering and geological conditions in design of roads on permafrost grounds. There is developed an algorithm of selecting effective options based on combinatorial method on criterion of minimizing total discounted costs for construction, major repair, repair and maintenance of a road construction during life cycle. The result of problem solution is structuring of an object, which serves as the basis for the organizational and technological design.

Keywords: roadbed, group constructive solutions, linear road complexes, permafrost bases, costs in life cycle.

References

1. SP 32-104-98 (ACTUAL. 01.10.2008) *Design subgrade 1520mm gauge railways* // Approved. Of CNIIS, 27.12.1996. 95 p.
2. Bobrov T.V., Dubenkov A.A. *Matematicheskaja model' linejnogo rajonirovanija trassy dorogi v zone mnogoletnemerzlyh gruntov* [Mathematical model of

linear track zoning in the area of permafrost]. *Vestnik TGASU*, Tomsk, Trace 2013 Issue 2, pp.362-370.

3. Bobrova T.V., Dubenkov A.A. Mathematical model of linear road zoning in the permafrost. *VESTNIK of Tomsk state University of Architecture and Building / English version appendix to NN 1-4, 2013 / scientific and Technical Journal Tomsk-2013 - 141p*, p.134-141.

4. Dubenko A.A. Kompleksnaja ocenka inzhenerno-geologicheskikh i merzlotnykh uslovij pri rajonirovanii trassy dorogi [Comprehensive assessment of engineering, geological and permafrost conditions at track zoning] *Vestnik SibADI*, 2013, no 4 (32) 2013, pp. 46-52.

5. The certificate of state registration number 2014620658 database "Database design solutions subgrade on permafrost grounds«Permafrost Construction Base». A.A. Dubenkov, E.A. Bedrin, T.V. Bobrova. Opubl.08.05.2014, Bul. Computer programs. Database. no 6 (92) in 2014.

6. Guidelines for the evaluation of economic efficiency in the road sector innovation and scientific and technological progress. ODMD / Ministry of Transport, Rosavtodor. Moscow, 2002. 71 p.

7. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of 01.11.2007. №157 «On the implementation of resolutions of the Government of the Russian Federation dated August 23, 2007 N 539" On rates of cash costs for the maintenance and repair of federal highways and the rules for their calculation.

8. Grumpy E.A. Funkcional'no-stoimostnoj analiz: sushhnost', teoreticheskie osnovy, opyt primeneniya za rubezhom [Functional and value analysis: nature, theoretical foundations, foreign experience]. Moscow, Informelectro 1980.

9. Dubenko A.A. Variantnoe proektirovanie dorozhnykh konstrukcij s ispol'zovaniem funkcional'no-stoimostnogo analiza [Variant design of road structures using functional-cost analysis]. *Materialy VII Mezhdunarodnoj nauch.-tehn. konf. studentov,*

aspirantov i molodyh uchenyh, 14-16 maja 2013, Volgograd / M of Education and Science Ros.Federatsii, Volgogr. gos. arhit.-stroit.un-T.-Volgograd: Volggasu; 2013, pp 311-315.

10. The survey, design and construction of roads in permafrost: VSN 84-89 / Mintransstroy: Type. 30.03. 1989. Instead VSN 84-75. Moscow, Soyuzdornii, 1990. 271 p.

11. Subgrade on permafrost soils: Patent RU 2256030 C2, E 02 D 17/18 RF / Polenova LA Tugarin AM, Rusakov VS, AV Zakharenko Lonskaya. Available at: <http://www.freepatent.ru/images/patents/212/2256030/patent-2256030.pdf> (accessed: 03.10.2013).

Боброва Татьяна Викторовна (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Экономика и проектное управление в транспортном строительстве» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: bobrova.tv@gmail.com).

Дубенков Андрей Алексеевич (Россия, г. Омск) – инженер кафедры «Экономика и проектное управление в транспортном строительстве» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: hrnthrnt@gmail.com).

Bobrova Tatiana Viktorovna (Russian Federation) – doctor of technical sciences, professor of the department "Economics and project management in transport construction", The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: bobrova.tv@gmail.com).

Dubenko Andrey Alekseevich (Russian Federation) – engineer of the department of "Economics and project management in transport construction", The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: hrnthrnt@gmail.com).

УДК 624.012.45.046

МОДЕЛИРОВАНИЕ АНКЕРОВКИ АРМАТУРЫ В БЕТОНЕ

Ю.В. Краснощёков

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье приведены результаты компьютерного моделирования опытных образцов, предназначенных для испытаний на выдергивание арматуры периодического профиля из бетона. Анализируется напряженно-деформированное состояние конечных элементов конкретных моделей, определяются участки вероятного образования трещин при упругих деформациях материалов и выявляется характер разрушения бетона по различным теориям прочности. Особое внимание уделено выявлению условий опасного явления раскалывания бетона в зоне анкерования арматуры.

Ключевые слова: железобетон, анкерование арматуры, испытания, моделирование, теории прочности, раскалывание, срез.

Введение

Одной из важнейших задач теории железобетона является взаимодействие арматуры с бетоном в условиях трещинообразования при передаче растягивающих усилий через арматуру. Длительный опыт применения в СССР арматуры периодического профиля кольцевого типа сформировал впечатление об окончательном решении этой задачи, которое было закреплено нормами проектирования железобетонных конструкций в виде расчетных зависимостей длины анкеровки арматуры. Однако появление в 90-х годах на российском рынке арматуры с серповидным профилем напомнило, что процесс познания не имеет конца. Новая для нас арматура имела более слабое сцепление с бетоном, и этот факт потребовал пересмотреть расчетные зависимости с целью обеспечения необходимой надежности конструкций. Изменения в российских нормах в связи с этим вызвали широкую дискуссию по поводу нормирования и надежности прямой анкеровки [1].

В процессе дискуссии было выявлено, что существуют 2 подхода к модели взаимодействия арматуры периодического профиля и бетона. В отечественных нормах сделан упор на модель, при которой разрушение происходит срезом от нарушения

сцепления арматуры с бетоном. В американских нормах реализована модель разрушения от раскалывания бетона, окружающего арматурный стержень [2]. В действительности разрушение анкеровки может происходить как путем среза контактного слоя, так и в результате раскалывания бетона вследствие развития трещин вдоль арматуры. Цель данного исследования – выявление причин и условий опасного явления раскалывания.

Модели анкеровки и результаты компьютерного моделирования

Модель сцепления была положена в основу технической теории сцепления, разработанной в ВНИИЖелезобетоне с рядом упрощающих допущений [3]. Одно из допущений связано с пренебрежением напряженно-деформированным состоянием бетона в оболочке, окружающей арматуру за пределом контактного слоя. Признавая этот недостаток, авторы теории сцепления допускали возможность устранения его специальными (конструктивными) методами [4]. Эмпирической основой теории были многочисленные результаты экспериментальных исследований, выполненных по упрощенной схеме испытания «на выдёргивание» арматурного стержня из призмы, опёртой торцом (рис. 1).

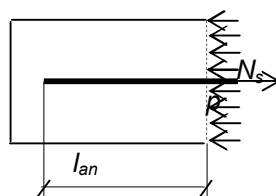


Рис. 1. Схема испытания опытных образцов

Однако испытания по схеме 1 отвечают далеко не самому неблагоприятному случаю анкеровки, так как бетон, окружающий стержень, сжимается реактивным давлением p и улучшает условия анкеровки. Такие опыты дают завышенное сопротивление выдёргиванию из-за стеснения развития трещин раскалывания [3]. По существу, в таких испытаниях разрушение от раскалывания не допускается и поэтому не происходит [5].

Модель раскалывания не связана с какой-либо теорией и подтверждается только опытными данными, выполненными также по схеме «на выдёргивание» арматурного стержня (рис. 2), но отличающейся от

изображенной на рисунке 1. В этих образцах предусмотрен участок с нарушенным (устраненным) сцеплением, который ослабляет влияние реактивных давлений опорной плиты. Сложилось впечатление, что причины и условия раскалывания можно обнаружить при исследовании напряженно-деформированного состояния бетона в опытных образцах. Для этого использован метод компьютерного моделирования. Кстати, направление развития теории с использованием ЭВМ для учета деформаций бетона в оболочке, окружающей арматуру периодического профиля, предусматривал М.М. Холмянский [3].

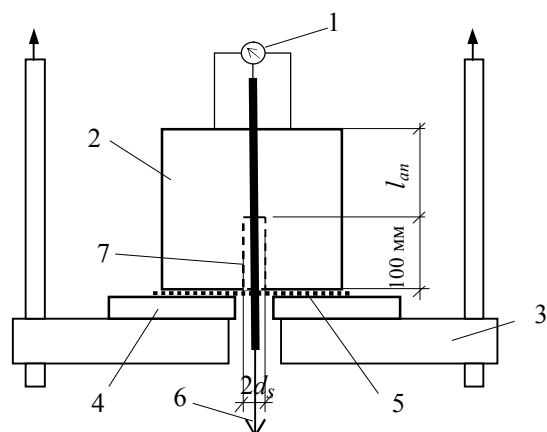


Рис. 2. Схема испытания на выдергивание по рекомендациям РС-6 методике РИЛЕМ/ФИП/ЕКБ [6]: 1 - измеритель деформаций; 2 – испытуемый образец бетона; 3 – опорная плита; 4 – стальная пластина; 5 - резиновая опорная прокладка; 6 – направление усилия выдергивания; 7 – участок с нарушенным сцеплением

При моделировании использованы результаты испытаний на выдергивание арматуры из бетона по схеме 2, приведенные в монографии [7]. Испытания проводили в разных организациях с целью определения прочности и деформативности сцепления арматуры периодического профиля с бетоном. Всего испытали 335 образцов с размерами $200 \times 200 \times 200$ мм при $l_{an} = 100$ мм, а также $250 \times 250 \times 250$ мм и $300 \times 300 \times 300$ мм при $l_{an} > 100$ мм [5]. Длину анкеровки l_{an} изменяли в пределах от $5d_s$ до $15d_s$. В образцах предусматривали зону с нарушенным сцеплением длиной 100 мм.

Выдергивание арматурных стержней из бетона происходило либо при срезе бетона ребрами профиля, либо при раскалывании бетонного образца. Срез наблюдался при малых величинах l_{an} или относительно низкой прочности бетона. При $l_{an} > 8d_s$ и расчетном сопротивлении сжатию $R_b > 17$ МПа разрушение, как правило, происходило при раскалывании бетона.

Цель моделирования – получение данных о напряженно-деформированном состоянии бетона образцов перед разрушением бетона как срезом, так и раскалыванием с приблизительно одинаковой вероятностью. Поэтому для компьютерной модели принят

образец $200 \times 200 \times 200$ мм при $l_{an} = 100$ мм, армированный стержнем $d_s = 12$ мм. Для модели бетона образца применены универсальные пространственные восьмиузловые изопараметрические конечные элементы КЭ-36 $10 \times 10 \times 10$ мм, для арматуры стержневые элементы КЭ-10 ПК «Ли́ра» длиной 10 мм. При обработке численных результатов приняты характеристики бетона класса В 30: модуль деформации $E_b = 30000$ МПа; сопротивление сжатию $R_b = 17$ МПа; сопротивление растяжению $R_{bt} = 0,08R_b = 1,36$ МПа и сопротивление срезу $R_{bsr} = 0,225R_b = 3,8$ МПа. Значения сопротивлений растяжению и чистому срезу приняты в соответствии с ГОСТ [8].

В результате расчета получили численные значения упругих деформаций арматуры и бетона. Абсолютное удлинение арматурного стержня на участке анкеровки составило 0,111 мм/кН (от 0,143 мм/кН в начале зоны анкеровки и 0,032 мм/кН в конце). Для получения общего представления о компьютерной модели на рисунке 3 показано изополе перемещений в плоскости XOZ.

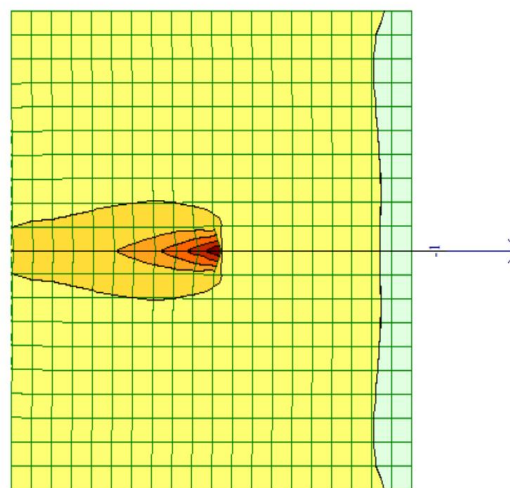


Рис. 3. Изополе перемещений в компьютерной модели опытного образца при выдергивании арматурного стержня усилием $N_s = 10$ кН

Получены данные об изменениях напряжений в арматурном стержне по длине анкеровки $l_{an} = 10$ см (рис. 4).



Рис. 4. Относительные напряжения σ_s / R_s в арматуре по длине анкеровки

В таблице 1 приведены численные значения некоторых параметров напряженно-деформированного состояния модели образца, полученные по различным теориям прочности.

Основное внимание обращено на величину напряжений σ_e в массиве бетона, эквивалентных одноосному растягивающему напряжению. Предполагается, что если во всех элементах продольных сечений образца $\sigma_e \geq R_{bt}$, то образуются сквозные трещины, которые могут привести к разрушению раскалыванием, а при $\sigma_e \geq R_{bsr}$ в элементах, имеющих контакт с арматурой по всей длине

анкеровки, к разрушению срезом. В столбцах 2 и 3 указаны напряжения в арматуре $d_s = 12$ мм за пределами зоны анкеровки, при которых возможно разрушение. В столбцах 4 и 5 приведены размеры участков с трещинами (отметка 0 по длине соответствует координате лицевого торца образца, по глубине - положению арматурного стержня). В столбце 6 приведены максимальные значения сжимающих напряжений в конечных элементах бетона при предполагаемом разрушении образца.

Таблица 1 – Результаты анализа напряженно-деформированного состояния модели образца

Теория прочности	Напряжения в арматуре, МПа		Размеры участка с трещинами, см		Напряжения сжатия в бетоне, МПа
	при расколе	при срезе	длина	глубина	
1	2	3	4	5	6
Наибольших главных напряжений	1580	1121	10 – 20	0 – 4,5	13
Наибольших главных деформаций	1112	500	5 – 20	0 – 5	13
Наибольших касательных напряжений	367	245	0 – 20	0 – 10	0
Энергетическая Губера-Хенки-Мизеса	385	267	0 – 20	0 – 10	0,2
Мора	1388	759	7 – 20	0 – 4,5	2
Друккера-Прагера	2288	-	10 – 19	0 – 3,5	0,4
Писаренко-Лебедева	1051	2996	5 – 19	0 – 4,5	0
Гениева (для железобетона)	-	-	10 – 17	0 – 2,5	10

В результате анализа напряженно-деформированного состояния бетона образца установлено: по теории Друккера-Прагера разрушение опытных образцов, испытанных по схеме 2, может происходить только в результате раскалывания; по теории

Гениева разрушение принятой модели вообще невозможно; только по теории Писаренко-Лебедева разрушение более вероятно в результате раскола, однако из-за больших выдергивающих усилий вероятность разрушения конкретной модели очень мала;

по остальным теориям более вероятным разрушением является срез.

Наиболее предпочтительными для моделируемого образца следует признать теории наибольших касательных напряжений и энергетическую теорию Губера-Хенки-Мизеса. Согласно этим теориям вероятность разрушения раскалыванием составляет примерно 40 %. По этим теориям практически весь объем бетонного образца подвержен образованию трещин, а разрушение от сжимающих напряжений практически исключено.

Полученные результаты, конечно, не отражают напряженно-деформированного состояния элементов реальных конструкций из-за условности испытательных схем. В монографии М.М. Холмянского приведены около десятка различных схем, из которых

схема 1 названа наименее удачной. Очевидно, что в схеме 2 влияние реактивных давлений полностью не устраняется.

Компьютерное моделирование позволяет сравнить различные схемы испытаний и в какой-то степени оценить погрешности каждой из них. В таблице 2 приведены результаты сравнения напряжений арматуры σ_e , достигаемых при разрушении бетона класса В 30 расколом и срезом. Значения σ_e в МПа вычисляли только по теории наибольших касательных напряжений.

Получены данные по схеме 1 с закреплением узлов торцевой поверхности (рассмотрены 2 варианта бетонных образцов призматической и цилиндрической формы) и схеме 3 (также 2 варианта) с закреплением боковых поверхностей образцов.

Таблица 2 – Напряжения в арматуре при разных формах разрушения и схемах испытания

Схема	$l_{an} = 100 \text{ мм}; d_s = 12 \text{ мм}$		$l_{an} = 200 \text{ мм}; d_s = 12 \text{ мм}$		$l_{an} = 200 \text{ мм}; d_s = 20 \text{ мм}$	
	раскол	срез	раскол	срез	раскол	срез
1-призма	1361	297	1286	3708	319	319
1-цилиндр	416	292	408	5928	106	380
2	367	245	-	-	-	-
3-призма	174	191	306	1701	119	203
3-цилиндр	174	186	208	2090	87	201

В натуральных условиях испытательную схему 3 реализовать очень сложно, хотя она, по нашему мнению, в наибольшей степени отражает действительную работу элементов при расположении арматуры в массиве бетона. Размеры призматических элементов по схемам 1 и 3 приняты по аналогии со схемой 2 (сечения 200×200 мм), но без участков с устраненным сцеплением. Диаметр цилиндрических образцов 140 мм. Получены данные при длине анкеровки (образцов) 100 мм и 200 мм; в образцах длиной 200 мм рассмотрены 2 варианта диаметров арматуры: 12 мм и 20 мм.

В результате сравнения результатов расчета установлено: при испытании образцов по схеме 3 можно получить наиболее стабильные данные, при этом разрушение расколом для рассмотренных случаев более вероятно; характер разрушения образцов по схеме 2 соответствует данным, получаемым по схеме 3 и цилиндрических образцов по схеме 1; разрушение расколом призматических образцов по схеме 1, как и предполагалось ранее, маловероятно; характер разрушения зависит от размеров и степени армирования образцов.

Вывод

Представляется, что метод компьютерного моделирования образцов, предназначенных для сложных экспериментов, может быть действенным средством прогнозирования характера трещинообразования и разрушения.

Библиографический список

1. Тихонов, И.Н. и др. К дискуссии по статье «О нормировании анкеровки стержневой арматуры» / И.Н. Тихонов и др. // Бетон и железобетон. – 2007. – № 1. – С. 28 – 30.
2. Дегтярёв, В.В. О статье «О нормировании анкеровки стержневой арматуры» / В.В. Дегтярёв // Бетон и железобетон. – 2007. – № 1. – С. 25 – 28.
3. Холмянский, М.М. Контакт арматуры с бетоном / М.М. Холмянский. – М.: Стройиздат, 1981. – 184 с.
4. Тихонов И.Н. и др. О нормировании анкеровки стержневой арматуры // Бетон и железобетон. – 2006. – № 3. – С. 2 – 7.
5. Краснощеков, Ю.В. Влияние трещин на анкеровку арматуры периодического профиля / Ю.В. Краснощеков // Вестник СибАДИ. – 2008. – Вып.3 (9). – С. 39 – 45.
6. RILEM/CEB/FIP. Recommendation on reinforcement steel for reinforced concrete. RC6. Bond Test for reinforcement steel. 2. Pull-out tests. May. 1983. 8 p.

7. Мадатян, С.А. Арматура железобетонных конструкций / С.А. Мадатян. – М.: Воентехлит, 2000. – 256 с.

8. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Стандартинформ, 2013. – 30 с.

MODELING OF BAR ANCHORAGE IN CONCRETE

Y.V. Krasnoschekov

Abstract. The article dwells on the results of computer modeling of pilot samples designed to testing for pulling out deformed reinforcement from concrete. The author analyzes the stress-strain state of finite elements of certain models, determines the areas of the probable cracks formation at elastic deformation of materials. The author discovers the character of concrete destruction on the different theories of durability. The particular attention is paid to identifying conditions of dangerous phenomenon of splitting concrete in the area of bar anchorage.

Keywords: reinforced concrete, bar anchorage, testing, modeling, theory of durability, splitting, cut.

References

1. Tihonov I.N. K diskussii po stat'e «O normirovanii ankerovki sterzhnevoj armatury» [The discussion on the article "On the normalization of reinforcement bar anchorage]. *Beton i zhelezobeton*, 2007, no 1. pp. 28 – 30.

2. Degtjarjov V.V. O stat'e «O normirovanii ankerovki sterzhnevoj armatury» [On the article "On the normalization of reinforcement bar anchorage]. *Beton i zhelezobeton*, 2007, no 1. pp. 25 – 28.

3. Holmjanskij M.M. *Kontakt armatury s betonom* [Contact of concrete with reinforcement]. Moscow, Strojizdat, 1981. 184 p.

4. Tihonov I.N. O normirovanii ankerovki sterzhnevoj armatury [On the normalization of reinforcement bar anchorage]. *Beton i zhelezobeton*, 2006, no 3. pp. 2 – 7.

5. Krasnoschekov Y.V. Vlijanie treshhin na ankerovku armatury periodicheskogo profilja [Influence of cracks on the deformed bar anchorage]. *Vestnik SibADI*, 2008, no 3 (9). pp. 39 – 45.

6. RILEM/CEB/FIP. Recommendation on reinforcement steel for reinforced concrete. RC6. Bond Test for reinforcement steel. 2. Pull-out tests. May. 1983. 8 p.

7. Madatjan S.A. *Armatura zhelezobetonnyh konstrukcij* [Reinforcement of concrete structures]. Moscow, Voentehlit, 2000. 256 p.

8. *GOST 10180-2012. Betoны. Metody opredelenija prochnosti po kontrol'nym obrazcam* [State standart 10180-2012. Concrete. Methods of determination of durability on control samples]. Moscow, Standartinform, 2013. 30 p.

Краснощеков Юрий Васильевич (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: uv1942@mail.ru).

Krasnoschekov Yuriy Vasilevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department «Building structures», The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: uv1942@mail.ru).

УДК 666.97

ВЛИЯНИЕ СОСТАВОВ МАТЕРИАЛОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

В.С. Лесовик¹, И.Л. Чулкова²

¹ФГБОУ ВПО БГТУ им. В.Г.Шухова, Россия, г. Белгород;

²ФГБОУ ВПО «СибАДИ» Россия, г. Омск.

Аннотация. Проведен анализ влияния структурообразования при твердении цементов. Показана роль состава и свойств цементов на формирование структурных параметров цементного камня, определяющих его эксплуатационные свойства. Установлено влияние капиллярно-пористой структуры на свойства клинкерных минералов и цементов. Разработан алгоритм управления процессами структурообразования при создании интеллектуальных композитов.

Ключевые слова: клинкерные минералы, цементы, структурообразование, химический и минеральный составы, пористость строительных композитов, геоника, техногенный метасоматоз.

Введение

В последние годы строительным композитам, высококачественным бетонам на

основе цементов посвящены многочисленные публикации отечественных и зарубежных авторов. Наряду с постоянным

совершенствованием существующих материалов, обусловливающих существенный технический и экономический эффект благодаря уникальному сочетанию свойств, наметились тенденции создания новых материалов.

Предложены интеллектуальные строительные композиты, при проектировании которых заложена система взаимодействия с окружающей средой, позволяющая материалам реагировать на внешние воздействия и положительно влиять на триаду «человек-материал-среда обитания», это композиты будущего. Разработан алгоритм управления процессами структурообразования при создании интеллектуальных композитов.

Реализация теоретических положений и системный подход к решению поставленных задач был решен в рамках нового научного направления геоника (геомиметика), что позволило разработать методологические основы создания эффективных строительных композитов нового поколения [1-6]. Геоника (геомиметика) большое внимание уделяют созданию новых высокопрочных, умных материалов. У них должна быть упорядоченная регулируемая структура, формируемые новообразования обладают высокой прочностью и низкой теплопроводностью, обладать способностью самозалечивать дефекты структуры и ликвидировать разупрочняющую пористость.

Одним из механизмов «техногенного метасоматоза» являются противоречия между вещественным составом и структурой строительных конструкций, а также новыми термодинамическими условиями, в которые они попадают во время строительства и эксплуатации зданий и сооружений [6]. Техногенный метасоматоз – это самый сложный механизм. Это и перекристаллизация, и диффузия, и дегидратация, кристаллохимические превращения, трансформация в кристаллических решетках минерала, аутогенез (выделение твердой фазы и растворов).

В основу создания новых высокоэффективных композитов положен «принцип копирования» геологических и космохимических процессов с целью создания новых композитов и оптимизации системы «Человек-материал-среда обитания».

Интеллектуальные материалы – это композиты, при проектировании которых заложена система взаимодействия с окружающей средой, позволяющая

материалами реагировать на внешние воздействия и положительно влиять на триаду «человек-материал-среда обитания». Разработан алгоритм управления процессами структурообразования при создании интеллектуальных композитов.

При проектировании интеллектуальных строительных композитов необходимо управлять процессами структурообразования на всех уровнях, что позволит материалу реагировать на возникновение экстремальных ситуаций при эксплуатации зданий и сооружений. С учетом положения геоника (геомиметика) сформулирован «Закон сродства структур» [7]. Он подразумевает управление процессами структурообразования и синтеза новообразований капиллярно-пористой структуры аналогичной матрицы основного бетона. Интеллектуальные материалы (композиты) способны под воздействием внешней среды изменять свои свойства. Это самоорганизующаяся система. Для того, чтобы создавать такие материалы необходима разработка интеллектуальных систем управления проектированием, производством и эксплуатацией материалов.

Одним из основных вопросов создания эффективных бетонов является изучение структуры бетонов и способов ее регулирования. Основным компонентом минеральных бетонов, отвечающим за формирование структуры и свойств, является цемент. Поэтому вопросы гидратации цемента, регулирования свойств жидкой фазы и гидратных новообразований путем изменения их минерального и гранулометрического состава, минеральных добавок, электролитов и пластификаторов, формирования рациональной поровой структуры цементной матрицы бетонов находятся в центре внимания специалистов по строительному материаловедению, химии и технологии вяжущих веществ. Им посвящены доклады на международных конгрессах по технологии бетона и химии цемента. Однако исследования по отдельным аспектам гидратации и твердения портландцемента и его компонентов, регулирования их с помощью минеральных и химических добавок, формирование оптимальной поровой структуры цементной матрицы бетонов зачастую носят разрозненный характер. Результаты исследования различных авторов по этой проблеме нередко трудно сопоставимы. Ряд важных в научном и практическом отношении закономерностей влияния минерального

состава и химических добавок на скорость гидратации цементов, формирование состава жидкой фазы и гидратных новообразований, поровую структуру и в конечном итоге на физико-механические свойства цементного камня и бетона требуют теоретического

осмысления и увязки с практическими потребностями.

В связи с этим предлагается системный подход к рассмотрению упомянутой проблемы в серии статей со следующими элементами системы (рис.1).



Рис. 1. Системный подход к исследованию и созданию эффективных строительных композитов нового поколения

Влияние химического и минерального составов на формирование структуры цементного камня

В данной работе в качестве элементов системы предлагается рассмотреть химический и минеральный составы портландцемента и способы их регулирования. Авторами предлагаются методологические принципы повышения эффективности строительных композитов за счет регулирования состава жидкой фазы, гидратообразования и структурообразования, оптимизации структуры с учетом закономерностей влияния минерального состава портландцемента на кинетику формирования поровой структуры и твердения цементного камня. Для оценки влияния химико-минерального состава на характер процессов структурообразования при твердении полиминеральных цементов в бетоне целесообразно проанализировать формирование пористой структуры

мономинеральных клинкерных составляющих.

Трехкальциевый силикат, твердеющий в нормальных температурно-влажностных условиях, приобретает капиллярно-пористую структуру, характеризующуюся в раннем возрасте значительной суммарной пористостью (рис. 2, таблица 1). По мере гидратации C_3S развивающаяся во времени структура гелекристаллического гидратного сростка сравнительно быстро преобразуется в сторону уплотнения. Суммарная пористость образцов C_3S от одних до 28 суток твердения уменьшается в три раза ($77,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$ против $221,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$), а к 180 суткам – в 4 раза. При этом происходит закономерное перераспределение объемов пор по величинам их эффективных радиусов.

В образцах C_3S из теста нормальной плотности в односуточном возрасте около 80 % пор имеют величину эффективного радиуса более 10^2 нм . К 28 суткам твердения уже

свыше 85 % пор имеют радиус менее 10^2 нм (из них ~ 42 % – не менее 10 нм), а к 90 суткам поры с радиусом менее 10 нм в камне из C_3S составляют уже 64 % от их общего содержания. Поскольку суммарный объем пор также существенно сокращается (за 180

суток в 4 раза), становится очевидным, что C_3S дает при твердении относительно плотный мономинеральный цементный камень, содержащий небольшое количество преимущественно микропор (радиусом менее 10^2 нм).

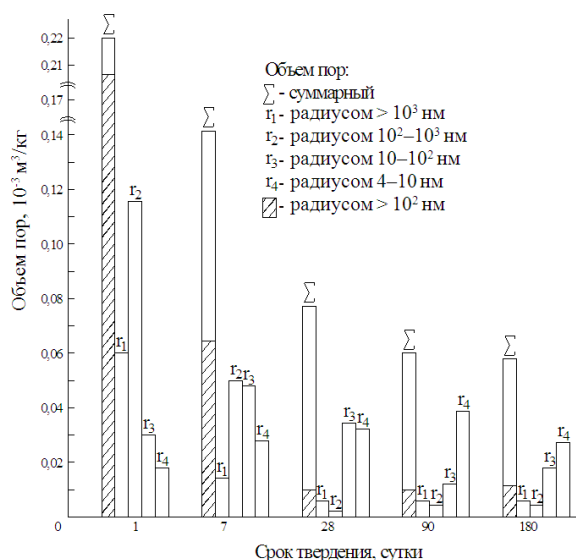


Рис. 2. Изменение структуры пор, состава и свойств мономинерального камня из C_3S в процессе твердения при $20^\circ C$

Таблица 1 – Изменение состава и свойств мономинерального камня из C_3S в процессе твердения при $20^\circ C$ (к рисунку 2)

Срок твердения, сутки	Степень гидратации, % ($\sigma=0,176$ нм)	$S_o, 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}$	$R_{сж}, \text{ МПа}$
1	37	4,8	10
7	62	8,2	30
28	76	21,2	52
90	87	20,4	60
180	95	20,4	64

Изменению суммарной пористости образцов C_3S во времени, скорректированному перераспределением объемов пор по размерам, соответствуют почти аналогичные (но с обратным знаком) изменения прочности. Это свидетельствует о том, что существенную роль в развитии и изменении прочностных свойств играет капиллярно-пористая структура твердеющего C_3S (в первую очередь, изменение содержания крупных пор с радиусом $>10^2$ нм).

Двухкальциевый силикат, гидратирующийся в нормальных температурно-влажностных условиях со значительно меньшей скоростью, чем C_3S , на

всех стадиях твердения характеризуется более высокими значениями суммарной пористости мономинерального камня. Двухкальциевый силикат достигает прочности близкой к прочности C_3S (соответственно 59 и 65 МПа в 180-суточном возрасте), при значительно меньшей степени гидратации (соответственно 59 и 95 %). Но даже такая сравнительно невысокая степень гидратации этого минерала обеспечивает получение плотного мономинерального камня, характеризующегося низкой суммарной пористостью, и, что весьма важно, более чем на 90 % состоящей из пор с радиусом менее 10^2 нм (рис. 3, таблица 2).

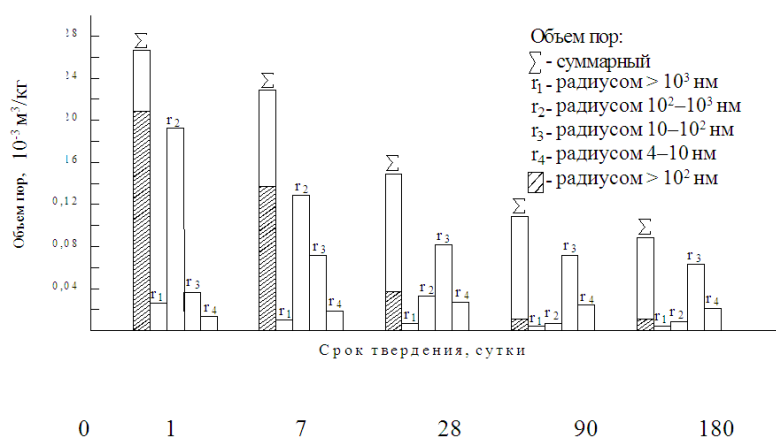


Рис. 3. Изменение структуры пор, состава и свойств мономинерального камня из β - C_2S в процессе твердения при 20°C

Таблица 2 – Изменение состава и свойств мономинерального камня из β - C_2S в процессе твердения при 20°C (к рисунку 3)

Возраст, сутки	Степень гидратации, % (d=0,176нм)	$S_o, 10^3 \text{ м}^2/\text{кг}$	$R_{сж}, \text{ МПа}$
1	7	6,2	1,0
7	16	7,8	5,5
28	40	12,1	32
90	54	12,7	55
180	59	12,0	59

Объем крупных пор ($r > 10^2$ нм) в 180 суточных образцах β - C_2S составляет $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$ (при суммарной пористости $8,76 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$) против $11,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$ (при суммарной пористости $57,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{кг}$) для образцов того же возраста из C_3S . Именно поэтому в поздние сроки твердения белит во многих случаях достигал более высокой прочности, чем алит. Если брать за основу для сравнения образцы из β - C_2S и C_3S с одинаковой степенью гидратации (37 и 62% для C_3S и 40 и 59 % для β - C_2S), то в этом случае примерно в 1,5 раза меньшую суммарную пористость и соответственно в 2-3 раза большую прочность показывают образцы из мономинерального теста β - C_2S . При этом они имеют и более высокую дисперсность гидратных новообразований.

С увеличением сроков твердения не только снижается суммарная пористость мономинерального камня на основе C_3S и β - C_2S , но и изменяется структура пор. Такой цементный камень становится в большей степени микропористым, характеризуется

большой однородностью, более равномерным распределением в нем твердотельной составляющей. Следовательно, к этому нужно стремиться, чтобы получить прочный и долговечный материал на основе цемента.

Гидратация полиминерального цемента является сложным физико-химическим процессом. Совместное присутствие в нем клинкерных минералов, их составов, структура и активность которых существенно различаются, а также наличие гипса, вводимого при помолке клинкера и являющегося источником быстрого появления в жидкой фазе ионов $(SO_4)^{2-}$, легко растворимых щелочных соединений и т.д., - все это коренным образом изменяет течение процессов гидратации составляющих портландцемента. Изменяются при этом фазовый состав, дисперсность, морфология, степень кристаллизации, а также структурообразующие свойства и стабильность гидратных новообразований.

В полиминеральных цементах влияние отдельных минеральных составляющих на формирование структуры цементного камня несколько изменяется их совместным присутствием, но, тем не менее, остается заметным. Скорость взаимодействия с водой клинкерных минералов при их совместном присутствии, вид гидратных соединений и последовательность их образования обуславливаются взаимным влиянием минералов друг на друга. В первую очередь это проявляется через изменение состава и свойств жидкой фазы и также непосредственно отражается на составе, дисперсности, кристалличности, морфологии, стабильности во времени образующихся гидратов, а, следовательно, на формировании структуры цементного камня. Далее целесообразно проанализировать процессы структурообразования, развитие во времени и основные особенности капиллярно-пористых структур полиминеральных цементах, чтобы оценить влияние химико-минерального состава.

В ряде работ [8-11] подтверждается хорошо коррелирующаяся взаимосвязь между капиллярно-пористой структурой и прочностными свойствами. Исследования показали [12,14], что цементный камень на

основе трехкальцевого и β -модификаций двухкальцевого силикатов, являющихся главным образом носителями гидратационного твердения всех клинкерных цементах, с возрастом становится все более плотным и в первую очередь именно поэтому более прочным.

Портландцементный клинкер на 75-80 % представлен фазами алита и белита, поэтому вполне закономерно считать, что эти фазы вносят основной вклад в формирование структуры при твердении полиминеральных цементах. Действительно, сравнивая структуру пор цементного камня на основе полиминеральных цементах различного минерального состава (рис.4-6) со структурой пор мономинеральных составов (рис. 2,3) можно видеть, что структура пор продуктов твердения полиминеральных цементах разного состава (таблица 3) во многом схожа со структурой пор, формирующихся при твердении C_3S . На рисунке 5 приведены результаты исследования кинетики порообразования различных групп цементах по классификации авторов. На рисунке 6 показана зависимость механической прочности цементного камня от распределения пор по размерам.

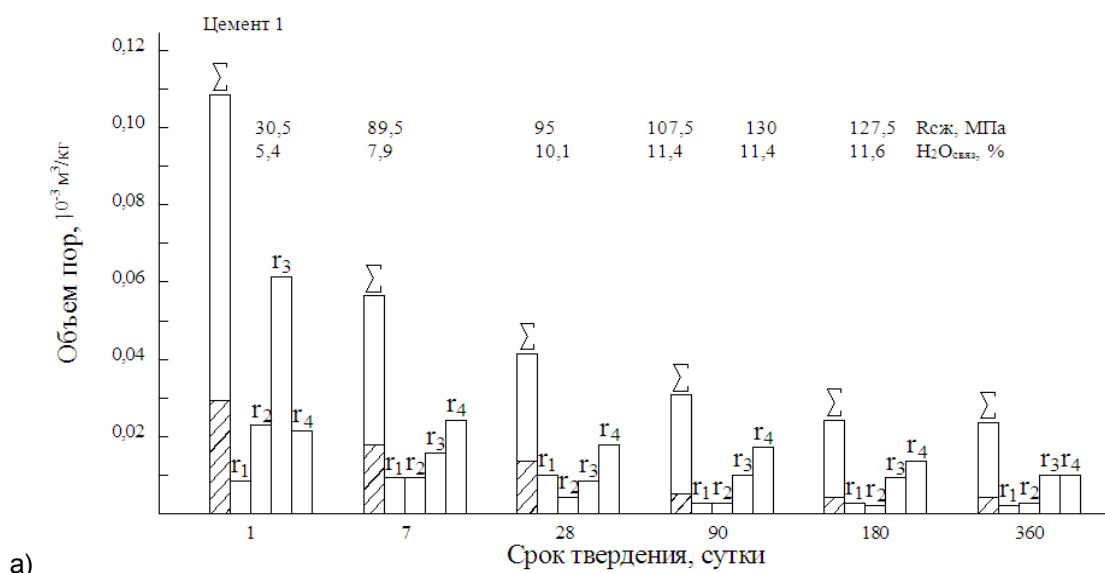


Рис. 4. Изменение структуры пор, состава и свойств полиминерального цементного камня в процессе твердения при 20°C (окончание) (а)

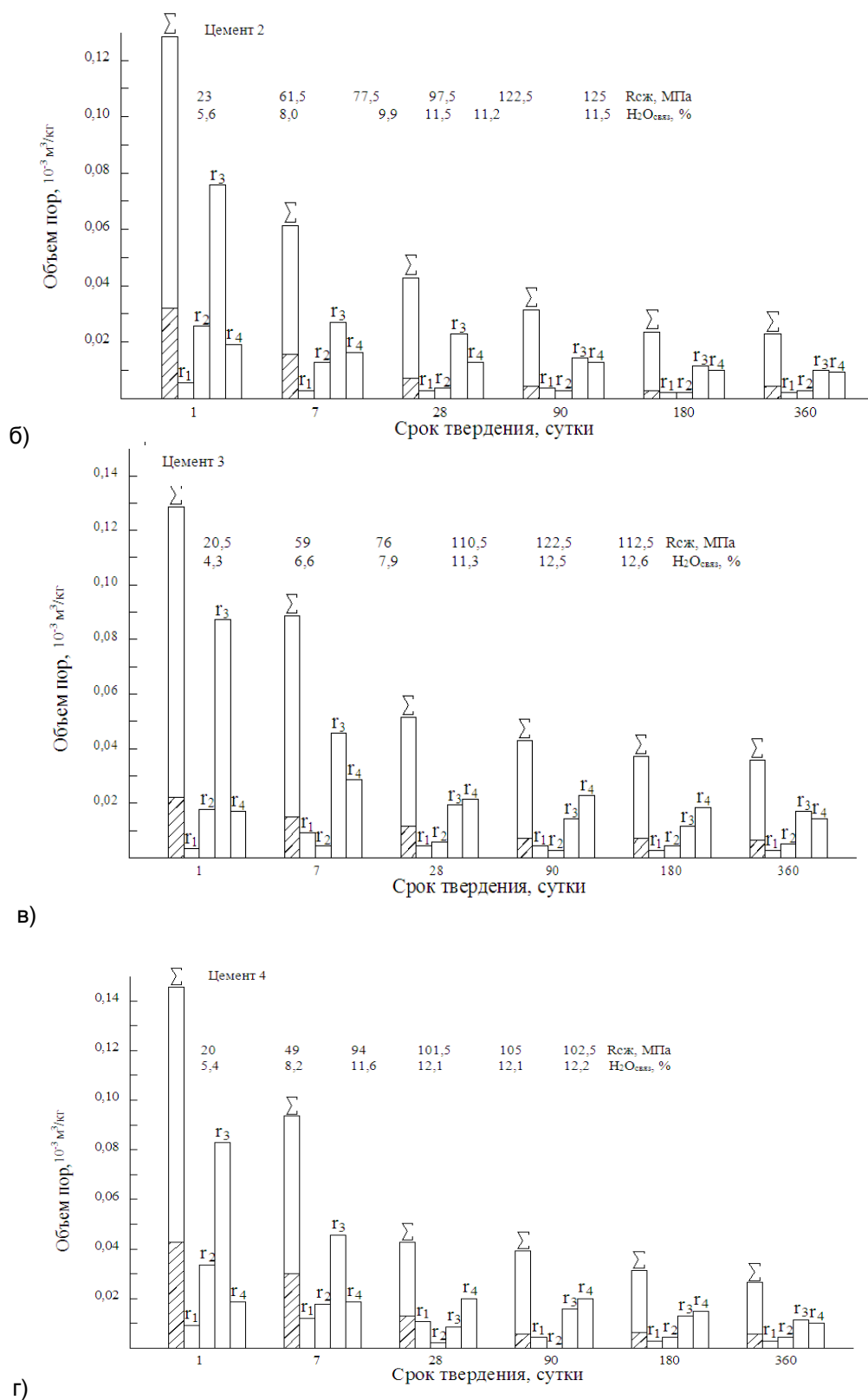


Рис. 4. Изменение структуры пор, состава и свойств полиминерального цементного камня в процессе твердения при 20°С (б, в, г)

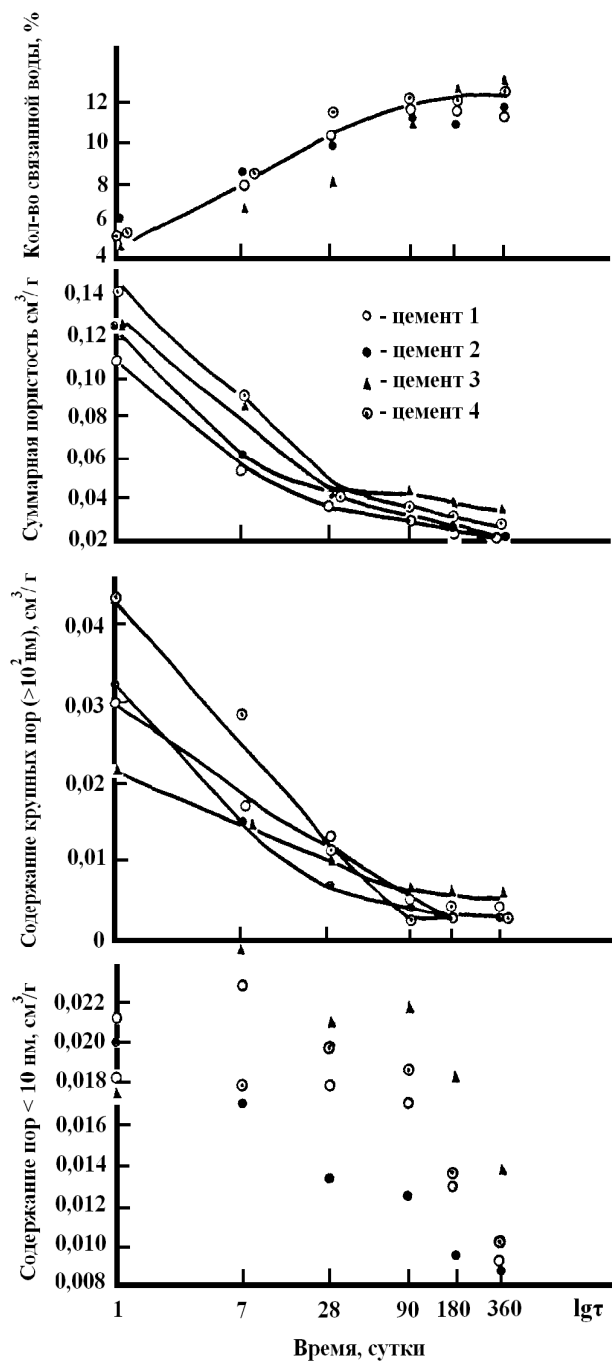


Рис. 5. Изменение структурных параметров и степени гидратации полиминерального цементного камня в процессе твердения при 20 °С

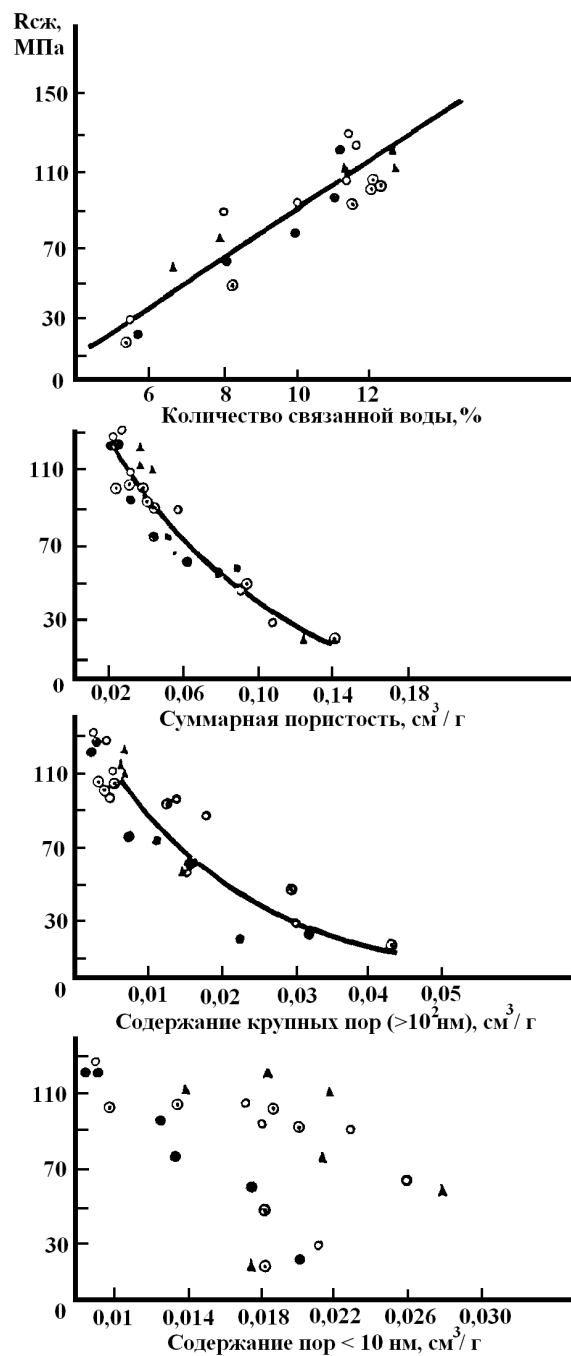


Рис. 6. Зависимость прочности полиминерального цементного камня, формирующегося при 20 °С, от его структурных параметров и степени гидратации цемента

Выводы

Результаты анализа суммарной пористости цементного камня показывают, что ее значения, характеризующиеся величинами одного порядка для цементов разного минерального состава, с возрастом образцов закономерно понижаются. При этом значения суммарной пористости годовых образцов в 5-6 раз ниже суммарной пористости образцов 1-суточного возраста, независимо от минерального состава цементов, то есть во всех случаях подтверждается общее правило о закономерном снижении пористости и повышении плотности цементного камня в процессе его твердения в нормальных температурно-влажностных условиях.

Детальный анализ графических зависимостей, представленных на рисунке 5 и 6 показывает, что с возрастом образцов из полиминеральных цементов наиболее закономерные изменения параметров, характеризующих структурное состояние системы, произошли с суммарной пористостью и содержанием в них крупных ($r > 10^2$ нм) пор. Действительно, значения этих параметров наиболее однозначно изменяются с возрастом образцов (особенно, суммарная пористость), не уступая в этом отношении значениям количества связанной воды, характеризующим, в свою очередь, изменение степени гидратации цементов с продолжительностью твердения.

Таким образом, как следует из полученных данных, наиболее четко выраженным структурным параметром полиминерального цементного камня, закономерно изменяющимся в процессе твердения цементов, являются его суммарная пористость и, в несколько меньшей степени, объемное содержание крупных пор ($r > 10^2$ нм). Можно отметить, что относительное содержание в цементном камне самых мелких пор ($r < 10^2$ нм) может характеризовать “зрелость” цементного камня. Взаимосвязь же объема этих пор в цементном камне с возрастом и прочностью последнего проявляется не вполне однозначно. Вместе с тем, как видно из рис. 6, значения прочности при сжатии полиминерального камня весьма тесно коррелирует с величинами его суммарной пористости, содержанием крупных пор ($r > 10^2$ нм) и количеством связанной воды. Показательно, что разброс экспериментальных точек по оси ординат для этих трех зависимостей, обусловленный

различиями цементов по минеральному составу, в координатах “суммарная пористость – прочность при сжатии” является наименьшим. Это еще раз говорит о том, что важным критерием уровня прочности цементного камня из числа показателей его структурных свойств, является суммарная пористость. Таковой ее делают закономерные изменения объема и структуры пор цементного камня в целом в связи с составом, продолжительностью и, соответственно, условиями твердения цементов.

Авторами разработаны принципы регулирования процессов структурообразования применительно к строительным композитам, основанные на концепциях современного естествознания, законе сродства структур, которые заключаются в функциональной структурной иерархии, в выделении технической и технологической систем, формировании требований к создаваемым системам, нахождении свойств композитов, процедуры их оценки с целью определения управляющих воздействий и границ управления [7].

Авторами предлагается всё многообразие современных портландцементов разделить на 4 группы (таблица 3). Выявлен характер закономерности формирования поровой структуры цементного камня и бетона в зависимости от минерального состава цементов: установлено, что суммарная пористость, содержание макроскопических и капиллярных пор мало зависит от минерального состава цементов, тогда как образование наноразмерных пор очень чувствительно к содержанию алита и алюмината; по характеру восприимчивости поровой структуры к минеральному составу предложено разделить цементы на 4 типа (таблица 3); минимальным содержанием наноразмерных пор отличается цементный камень 2-го типа (белитоалюмоферритный); механическая прочность цементного камня и бетона с различным содержанием связанной воды, суммарной пористости и крупных пор мало чувствительна к минеральному составу цемента; в наибольшей степени механическая прочность зависит от содержания нанопор. Особенно это относится к цементу 2-го типа. Остальные 3 типа цемента можно объединить в одну группу со сходным характером взаимосвязи между механической прочностью цементного камня и содержанием нанопор (рис. 6).

Таблица 3 – Классификация цементов по содержанию клинкерных минералов

Наименование клинкера	Номер цемента	Минералогический состав, %			
		C ₃ S	β-C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Алитовый низкоалюминатный	1	63	15	4	13
Белитовый низкоалюминатный	2	24	57	4	12
Белитовый высокоалюминатный	3	19	61	12	13
Алитовый высокоалюминатный	4	63	11	10	13

Таким образом, можно считать, что структурные мотивы продуктов твердения силикатов кальция (в первую очередь C₃S) являются определяющими при твердении полиминеральных цементов. В то же время остальные минералы клинкера оказывают значительное (в том числе, взаимное) влияние на процесс структурообразования и параметры конечной структуры затвердевшего цементного камня. Реализация концепции проектирования строительных композитов будущего позволит создать высокопрочные бетоны, повысить эффективность строительных композитов в условиях любого климата и новое направление геоника (геомиметика), являющееся фундаментальной базой материаловедения будущего, призвано оптимизировать систему «человек-материал-среда обитания».

Библиографический список

1. Лесовик, В.С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов / В.С. Лесовик // Изв. вузов. Строительство. – 1994. – № 7, 8. – С. 96–100.
2. Lesovik, W.S. Zum Problem der Forchung des System Mensch-Stoff-Umwelt / W.S. Lesovik, A.M. Gridchin. – 12. Ibaus. Internationale Baustofftagung. Weimar, 1994.
3. Лесовик, В.С. Снижение энергоёмкости производства строительных материалов за счет использования энергетики геологических и техногенных процессов / 18. Ibaus. Internationale Baustofftagung. Weimar, 2012.
4. Геоника. Предмет и задачи: монография / В.С. Лесовик. – 2-е изд., доп. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 219 с.
5. Geonics. Subject and objectives / V.S. Lesovik. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 100 р.
6. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография / В.С. Лесовик. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. – 196 с.
7. Лесовик В.С. Управление структурообразованием строительных композитов: монография / В.С. Лесовик, И.Л. Чулкова. – Омск: СибАДИ, 2011. – 420 с.
8. Чулкова, И.Л. Структурообразование строительных композитов на основе принципа сродства структур / И.Л. Чулкова // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 6. – С.83-88.

9. Чулкова, И.Л. Твердение и свойства водных суспензий цементных минералов под влиянием суперпластификаторов / И.Л. Чулкова, В.С. Лесовик, Г.И. Бердов // Всероссийская конференция «Современные проблемы производства и использования композиционных строительных материалов» НГАСУ (СибСТРИН), посвященная 100-летию юбилею профессора Г.И. Книгиной и 80-летию юбилею профессора В.М. Хрулева: сб. науч. статей. – Новосибирск: НГАСУ (СибСТРИН), 2009. – С. 46-49.

10. Чулкова, И.Л. Известково-реставрационные композиты / И.Л. Чулкова // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 5. – С.71-77.

11. Волженский, А. В. Влияние дисперсности портландцемента и В/Ц на долговечность камня и бетона / А. В. Волженский // Бетон и железобетон. – 1990. – № 10. – С. 16-17.

12. Несветаев, Г.В. Влияние некоторых гидрофобизирующих добавок на изменение прочности цементного камня / Г.В. Несветаев, А.В. Козлов, И.А. Филонов // ИВД. 2013. №2 (25). URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-nekotoryh-gidrofobiziruyuschih-dobavok-na-izmenenie-prochnosti-tsementnogo-kamnya>.

13. Волженский, А.В. Влияние низких водоцементных отношений на свойства камня при длительном твердении / А.В. Волженский, Т.А. Карпова // Строительные материалы. – 1980. – № 7. – С. 18–20.

14. Иноземцев, А.С. Средняя плотность и пористость высокопрочных легких бетонов / А.С. Иноземцев // Инженерно-строительный журнал. – 2014. – № 7 (51). – С. 31-37.

THE INFLUENCE OF MATERIAL COMPOSITIONS ON FORMING THE STRUCTURE OF BUILDING COMPOSITES

V. S. Lesovik, I. L. Chulkova

Abstract. There is carried out an analysis of structure formation's influence during solidification of cements. There is shown a role of composition and properties of cements on forming the structural parameters of cement stone, which determine its performance characteristics. There is ascertained an effect of the capillary-porous structure on the properties of clinker minerals and cements. The authors have developed an algorithm of controlling the processes of structure formation during creation of smart composites.

Keywords: clinker minerals, cements, structure formation, chemical and mineral compositions,

porosity of building composites, geonics, technogeneus metasomatism.

References

1. Lesovik V.S. Geneticheskie osnovy jenergosberezhenija v promyshlennosti stroitel'nyh materialov [Genetic basics of energy saving in building materials' industry]. *Izv. vuzov. Stroitel'stvo*, 1994, no 7, 8. – pp. 96 –100.

2. Lesovik W.S., Gridchin A.M. Zum Problem der Forchung des Sistem Mensch-Stoff-Umwelt. 12. Ibaus. Internationale Baustofftagung. Weimar, 1994.

3. Lesovik V.S. Snizhenie jenergoemkosti proizvodstva stroitel'nyh materialov za schetispol'zovanija jenergetiki geologicheskikh i tehnogennyh processov [Reduction of energy intensity of building materials' production using energy of geological and technogeneus processes]. 18. Ibaus. Internationale Baustofftagung. Weimar, 2012.

4. Geonika. Predmet i zadachi: monografija. V.S. Lesovik. [Geonics. The subject and tasks: monograph]. Belgorod: IZD-VO BGTU, 2012. 219 p.

5. Geonics. Subject and objectives. [Geonics. Subject and objectives]. V.S. Lesovik. Belgorod: IZD-VO BGTU, 2012. 100 p.

6. Geonika (geomimetika). Primery realizacii v stroitel'nom materialovedenii: monografija. V.S. Lesovik. [Geonics (geomimetic). Examples of realization in building materials science: monograph]. Belgorod: IZD-VO BGTU, 2014. 196 p.

7. Lesovik V.S., Chulkova I.L. Upravlenie strukturoobrazovaniem stroitel'nyh kompozitov: monografija. [Controlling structure formation of building composites: a monograph]. Omsk: SibADI, 2011. 420 p.

8. Chulkova I.L. Strukturoobrazovanie stroitel'nyh kompozitov na osnove principa srodstva struktur [Structure formation of building composites based on the principle of structures' affinity]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 6. pp.83-88.

9. Chulkova I.L. Lesovik V.S., Berdov G.I. Tverdenie i svojstva vodnyh suspenzij cementnyh mineralov pod vlijaniem superplastifikatorov / I.L. Chulkova, [Hardening and properties of aqueous suspensions of cement minerals under the influence of superplasticizers]. Vserossijskaja konferencija «Sovremennye problemy proizvodstva i ispol'zovanija kompozicionnyh stroitel'nyh materialov» NGASU (SIBSTRIN), posvjashhennaja 100-letnemu jubileju professora G.I. Kniginoj i 80-letnemu jubileju professora V.M. Hrileva: sb. nauch. statej. – Novosibirsk: NGASU (Sibstrin), 2009. pp. 46-49.

10. Chulkov I.L. Izvestkovo-restavracionnye kompozity [Lime-restorative composites]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 5. pp.71-77.

11. Volzhenskij A. V. Vlijanie dispersnosti portlandcementsa i V/C na dolgovechnost' kamnja i betona [Effect of portland cement's dispersion and water-cement ratio on the durability of stone and concrete]. *Beton i zhelezobeton*, 1990, no 10. pp. 16, 17.

12. Netsvetaev G. V., Kozlov, A. V., Filonov, I. A. Vlijanie nekotoryh gidrofobizirujushhih dobavok na izmenenie prochnosti cementnogo kamnja [Influence of some waterproofing admixtures on changing the strength of cement stone] *IVD*, 2013, no. 2 (25). Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-nejkotoryh-gidrofobiziruyuschih-dobavok-na-izmenenie-prochnosti-tsementnogo-kamnya>.

13. Volzhensky A. V., Karpov T.A. Vlijanie nizkikh vodocementnyh otnoshenij na svojstva kamnja pri dlitel'nom tverdenii [Effect of low water-cement ratios on the stone's properties with a long hardening]. *Stroitel'nye materialy*, 1980, no 7. P. 18-20.

14. Inozemtsev A. Srednjaja plotnost' i poristost' vysokoprochnykh legkikh betonov [The average density and porosity of high strength lightweight concretes]. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*, 2014, no 7 (51). pp. 31-37.

Лесовик Валерий Станиславович (Россия, г. Белгород) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Строительное материаловедение, изделий и конструкций» ФГБОУ ВПО БГТУ им. В.Г.Шухова, член-корреспондент РААСН, вице-президент Ассоциации ученых и специалистов в области строительного материаловедения, действительный член Международной академии минеральных ресурсов, действительный член Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Специалист в области материаловедения (308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46 naukavs@mail.ru).

Чулкова Ирина Львовна (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Строительные материалы и специальные технологии» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: chulkova_il@sibadi.org).

Lesovik Valeriy Stanislavovich (Russian Federation, Belgorod) – doctor of technical sciences, professor, the head of the department "Construction materials science, products and structures" of BGT named after V.G. Shukhov, the corresponding member of The Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, the vice-president of Association of scientists and experts in the field of construction materials science, a member of the International academy of mineral resources, a member of the International academy of sciences of ecology, health and safety. The expert in the field of materials science (308012, Belgorod, Kostyukov St. of 46 naukavs@mail.ru).

Chulkova Irina Lvovna (Russia, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, head of the department "Construction materials and special technologies" of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st., e-mail: e-mails:chulkova_il@sibadi.org).

УДК 625.731.812

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АРМИРОВАННОГО ОСНОВАНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

С.А. Матвеев, Е.А. Мартынов, Н.Н. Литвинов
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, Г. Омск.

Аннотация. В работе приведены результаты штамповых испытаний двухслойного основания из щебня и песка, армированных плоской георешеткой со стальными волокнами в полиэтиленовой оболочке. Выявлены закономерности деформирования и получены деформационные характеристики армированной конструкции. Экспериментально установленные прогибы армированного основания сопоставлены с результатами, полученными теоретически. При этом армированный слой щебня рассматривается как многослойная плита на упругом основании, для расчета которой использован метод Бубнова-Галеркина. Получено удовлетворительное совпадение теоретических и экспериментальных результатов. Установлен эффект армирования по прогибам.

Ключевые слова: дорожная одежда, армирование, эффект армирования, плита на упругом основании, прогиб.

Введение

Все дорожные конструкции представляют собой многослойные системы, слои которых существенно отличаются по своим свойствам: асфальтобетонное покрытие дорожной одежды в зависимости от температуры может рассматриваться как плита, работающая в упругой, упругопластической или вязкоупругопластической стадиях; цементобетон может рассматриваться как упругопластический материал; щебеночное основание – это дискретная среда, которая при заклинке начинает работать как упругопластическая плита с внутренними односторонними связями; грунтовое основание из песка и супеси представляет собой сыпучую среду с упругопластическими свойствами; глинистые грунты представляют собой упругопластическое полупространство (слой конечной мощности), имеющий внутренние связи.

На протяжении развития дорожной науки предпринимались неоднократные попытки разработки единой теории расчета дорожной одежды как слоистой системы. Основание дорожной одежды, как правило, представляли в виде упругого или упругопластического тела. Для учета различий в характере работы и свойствах материалов широко использовались коэффициенты. Такая методика достаточно удобна для инженерных расчетов, но является весьма приближенной. В последнее время в Российской Федерации и за рубежом в дорожное строительство все активнее внедряются геосинтетические материалы: в качестве армирующих прослоек, для

укрепления откосов, в качестве дренирующих слоев. Номенклатура этих материалов велика и продолжает расширяться. Основное продвижение данных материалов осуществляют их производители, которые ссылаются на успешный опыт применения геосинтетики в различных странах. При этом достаточно часто не учитывается специфика применения тех или иных инженерных решений. Еще с 1970-х годов в СССР начали использовать нетканые материалы в качестве дренирующих и трещинопрерывающих прослоек. В дальнейшем значительное распространение получило направление укрепления откосов различными плоскими и объемными георешетками. С 2000-х годов геосетки и георешетки используются в качестве материала для армирования оснований и покрытий дорожных одежд. Выступая в качестве арматуры, георешетки в значительной степени меняют характер работы конструктивных слоев. Так, слой щебня или грунта, армированный георешеткой, можно рассматривать как слой, выполненный из материала обладающего свойствами подобными железобетону: грунт в слое работает на сжатие, арматура (георешетка) – на растяжение. При этом полная аналогия отсутствует. Отличием от железобетона является полное или частичное отсутствие структурных связей матрицы (грунта, щебня), сцепление с матрицей не по всей длине армирующего элемента, а только механическое зацепление отдельных щебеночек внутри ячейки в ортогональных армирующим волокнам направлениях.

Существующие нормативные документы по использованию в качестве армирующих материалов для оснований дорожных одежд различных геосинтетических материалов основаны, как правило, на частных эмпирических исследованиях. Следует признать, что в настоящее время в Российской Федерации нет единой научно обоснованной методологической базы для их использования. Для создания такой базы требуются глубокие экспериментально-теоретические исследования.

В настоящей работе исследуется основание дорожной одежды из щебня и песка, армированное плоскими георешетками со стальными волокнами.

Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования проводились в грунтовом канале Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). Для определения деформаций были произведены штамповые испытания двухслойной конструкции. В качестве контролируемого параметра была принята величина упругого прогиба.

Верхний слой толщиной 0,2 м состоит из щебня фракции 40-70 мм. Нижний подстилающий слой толщиной 0,9 м – песок мелкий. Армирование устраивалось на границе раздела слоев. В качестве армирующего материала была использована плоская георешетка типа РД, выпускаемая по СТО 30478650-001-2012 [1] и представленная на рисунке 1.

Георешетка образована из плоских металлопластиковых полос, соединенных между собой под углом 90° и наложенных друг на друга по высоте поочередно. Металлопластиковые полосы состоят из несущей части и покрытия. Несущая часть полос – стальные волокна из пружинной проволоки диаметром 0,6 мм, расположенные на определенном расстоянии друг от друга без переплетения. Покрытие полос – полиэтилен низкого давления. Соединение металлопластиковых полос между собой осуществляется методами термической сварки.

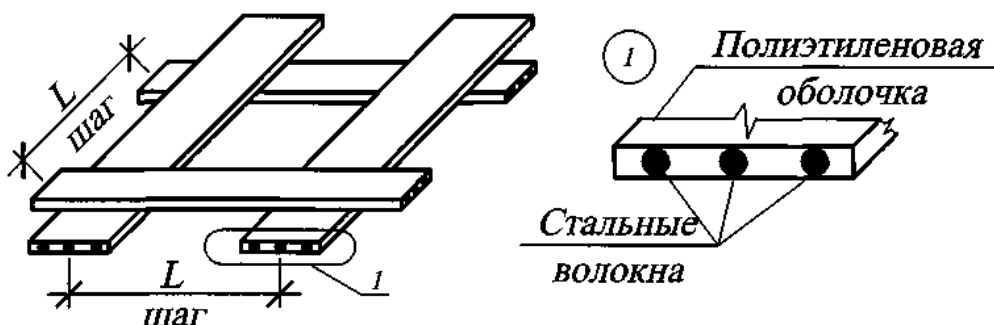


Рис. 1. Схема георешетки

В зависимости от прочности, число проволок в полосе может составлять от 3 до 9 штук. Шаг ячейки может быть произвольным. Для наиболее полного исследования были рассмотрены георешетки марок РД-30, РД-60 и РД-90, армирование которых составляет 3, 6 и 9 проволок соответственно. Такой выбор армирующего материала соответствует всему диапазону прочностей. Всего в испытании применялось девять типоразмеров армирующего материала: по размеру ячейки – 50x50, 75x75, 100x100 мм, по прочности – РД-30, РД-60, РД-

90 [1], что соответствует прочности 30, 60 и 90 кН/м соответственно.

Щебень фракции 40-70 мм отсыпался послойно с уплотнением на заранее уплотненный слой песка. Общая толщина щебня в уплотненном состоянии составила 200 мм. Нагружение осуществлялось через круглый штамп диаметром 33 см, который имитирует отпечаток колеса расчетного автомобиля. Нагрузка прикладывалась через гидравлический домкрат ступенями по 10 кН и достигала 50 кН. Схема испытания приведена на рисунке. 2,а.

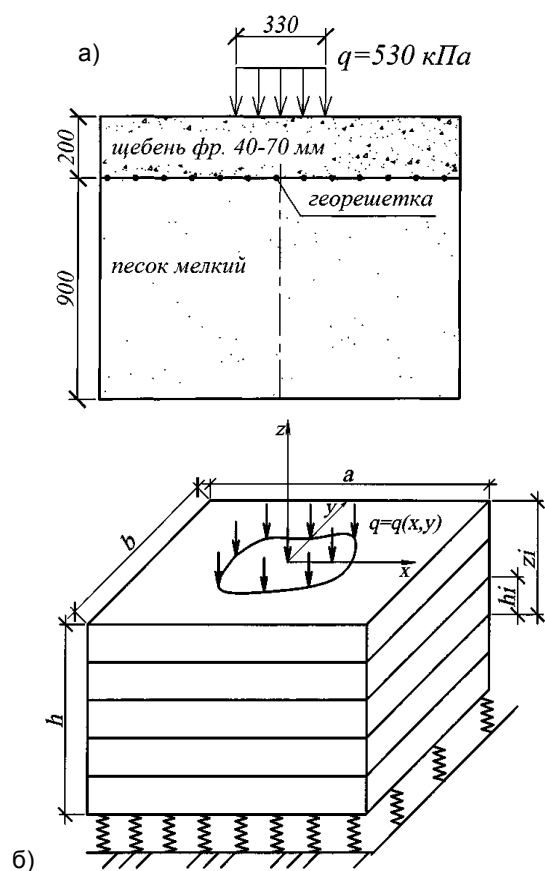


Рис. 2. Испытание конструкции:

а) схема испытания; б) расчетная схема

Основным контролируемым параметром являлся прогиб на поверхности, который определялся с помощью индикаторов часового типа, установленных на верхней поверхности штампа. Измерения

проводились как при нагружении, так и при разгрузке конструкции для выделения упругой составляющей прогиба, который используется для вычисления модуля упругости. В качестве контрольной величины определялась величина прогиба неармированной конструкции.

По полученным значениям упругих прогибов определялись модули упругости [2]:

$$E_0 = \frac{Kd(1-\nu^2)\Delta q}{\Delta s}, \quad (1)$$

где K – коэффициент, принимаемый для жесткого штампа 0,79; d – диаметр штампа, м; $\nu = 0,3$ – коэффициент Пуассона грунта; Δq – разность давлений под штампом, кПа; Δs – разность осадок штампа, м.

Эффект армирования предлагается оценивать с помощью коэффициента C_w , который показывает в процентном отношении изменение максимального прогиба армированной конструкции по сравнению с неармированной:

$$C_w = \left(1 - \frac{w_2}{w_1}\right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где w_1 и w_2 – максимальный прогиб неармированной и армированной системы соответственно.

Результаты измерений упругих прогибов приведены в таблице 1, диаграммы изменения коэффициентов C_w приведены на рисунке 3.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

Марка армирующего материала	Размер ячейки, мм	Упругий прогиб, w , мм	Модуль упругости на поверхности, E , МПа
РД-30	50	0,947	133
РД-30	75	0,860	146
РД-30	100	0,862	146
РД-60	50	1,212	104
РД-60	75	0,998	126
РД-60	100	1,595	79
РД-90	50	0,925	136
РД-90	75	0,917	137
РД-90	100	0,995	126
Без армирования	---	1,460	86

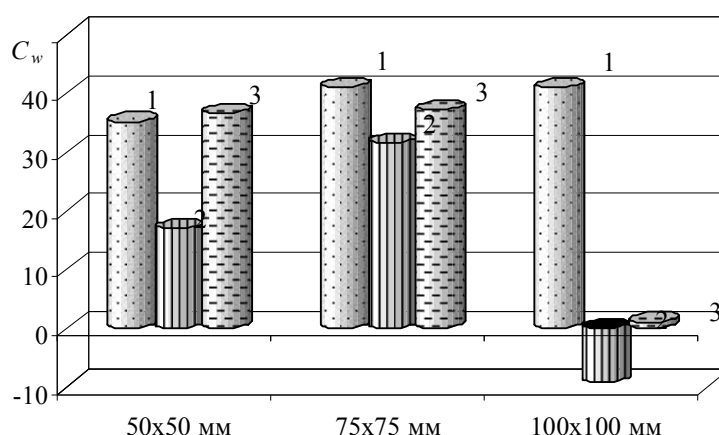


Рис. 3. Диаграммы изменения коэффициента C_w в зависимости от размера ячейки георешетки: 1) марка РД-30; 2) марка РД-60; 3) марка РД-90

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что армирование стальной георешеткой позволяет снизить упругий прогиб системы "щебень-песок" до 41,1 %. Из общего ряда данных выпадают значения, полученные для георешетки с ячейкой 100x100 мм и прочностью 60 кН/м. Для данной конструкции прогиб увеличился на 9,2 %, что объясняется, скорее всего, недоуплотнением щебня в данной серии экспериментов.

Теоретические исследования

Для теоретического расчета щебеночно-песчаной конструкции рассмотрим отдельно оба слоя. Примем гипотезу, что слой щебня, который фактически представляет собой дискретную среду, будет вести себя как сплошная связная среда при условии, что в основании слоя размещена армирующая георешетка, воспринимающая растягивающие напряжения и тем самым обеспечивающее работу слоя как плиты на упругом основании. В таком случае для расчета армированного слоя щебеночного основания может быть использована техническая теория изгиба плит.

Будем считать, что слой щебня представляет собой сплошную плиту при наличии армирующей прослойки. Геометрические размеры такого слоя позволяют отнести его к жестким пластинам. При малых деформациях основные усилия в таких пластинах возникают от изгиба. При этом появляются как растягивающие, так и сжимающие напряжения в слое. Щебень как дискретный материал не способен воспринимать растягивающие напряжения. При введении армирующего слоя щебенки заанкериваются в нем и растягивающие

напряжения воспринимает арматура. Песчаный слой при этом выполняет роль упругого основания.

Из этих соображений армированный слой щебня можно рассматривать как многослойную плиту на упругом основании, состоящую из произвольного количества жестко сцепленных между собой слоев (рис. 2.б) [3,4]. Физико-механические характеристики нижнего армирующего слоя будут существенно отличаться от характеристик вышележащих слоев, которые можно принять одинаковыми. В качестве примера примем толщину всей плиты 0,2 м с модулем упругости щебня 300 МПа и георешеткой РД-90 с шагом сетки 50x50 мм в качестве арматуры, что приводит к максимальному коэффициенту армирования. Модуль упругости армированного слоя, вычисленный методом осреднения по Фойгту (правило смесей) [4,5], составит 509 МПа при представлении сплошной плиты в виде 4 слоев, 562 МПа – 5 слоев, 823 МПа – 10 слоев. С определенной долей идеализации данная модель может быть применена и для случая отсутствия армирующей прослойки. При этом из расчетной схемы многослойной армированной плиты исключается нижний армирующий слой, а также слои, расположенные в растянутой зоне. Общая толщина плиты за счет этого уменьшится, а физико-механические характеристики слоев могут приниматься различными по толщине плиты с целью приближения расчетной модели к реальной конструкции [6,7]. В частности, модули упругости слоев могут изменяться по убывающей.

Примем, что при изгибе многослойной плиты для всего пакета составляющих ее

слоев справедливы гипотезы Кирхгофа-Лява. В этом случае дифференциальное уравнение изгиба плиты примет вид [4,8]:

$$D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 3D_{13} \frac{\partial^4 w}{\partial x^3 \partial y} + 2(D_{12} + D_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + 2D_{23} \frac{\partial^4 w}{\partial x \partial y^3} + D_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + C_z w + q = 0, \quad (3)$$

где C_z – коэффициент постели; $q=q(x,y)$ – интенсивность нагрузки на поверхности плиты; $w=w(x,y)$ – функция прогибов; $D_{11}...D_{33}$ – постоянные, характеризующие упругие свойства плиты, определяемые из выражений:

$$D_{kj} = d_{kj} + c_{k1} \cdot c_{1j}^* \quad \text{при } k, j = 1, 2, 3. \quad (4)$$

Входящие в выражение (4) постоянные d_{kj} , c_{k1} , c_{1j}^* вычисляются по формулам [8,9,10,11]:

$$d_{kj} = \sum_{i=1}^n A_{kj} \cdot g_i; \quad (5)$$

$$c_{11}^* = \frac{(c_{21} b_{12} - c_{11} b_{22})}{(b_{11} b_{22} - b_{12} b_{21})}; \quad (6)$$

$$c_{11} = \sum_{i=1}^n A_{11} \cdot p_i; \quad (7)$$

$$c_{12}^* = c_{13}^* = c_{21} = c_{31} = 0, \quad (8)$$

где A_{kj} – коэффициенты пропорциональности между напряжениями и деформациями, принимаемые равными для неармированных слоев:

$$\begin{aligned} A_{11} &= A_{22} = \frac{E}{1-\nu^2}; \\ A_{33} &= \frac{E}{2(1+\nu)}; \\ A_{12} &= A_{21} = \frac{\nu E}{1-\nu^2}, \end{aligned} \quad (9)$$

здесь E – модуль упругости щебеночного слоя; ν – коэффициент Пуассона.

Для армированного слоя в выражении (9) вместо модуля упругости щебеночного слоя необходимо использовать приведенный модуль упругости армированной среды [3].

Входящие в выражения (5)-(7) постоянные определяют из выражений:

$$g_i = \frac{1}{3} (3z_{i-1}^2 + 3z_{i-1} \cdot h_i + h_i^2) h_i, \quad (10)$$

здесь h_i – толщина i -го слоя; z_i – координата подошвы i -го слоя.

$$b_{kj} = \sum_{i=1}^n A_{kj} h_i; \quad (11)$$

$$p_i = \frac{1}{2} (2z_{i-1} + h_i) h_i. \quad (12)$$

Для расчета на изгиб многослойной плиты на упругом основании используем метод Бубнова-Галеркина [3,12]. Функцию прогибов зададим в виде двойного тригонометрического ряда:

$$w(x,y) = \sum_m \sum_n w_{mn} \cdot \sin \frac{m\pi x}{a} \cdot \sin \frac{n\pi y}{b}, \quad (13)$$

где m и n – целые числа в диапазоне $1...m$ и $1...n$; a и b – размеры плиты, м,

w_{mn} – коэффициент ряда, вычисленный по формуле:

$$w_{mn} = \frac{q_{mn}}{(D_0 + C_z)}, \quad (14)$$

здесь D_0 – общая цилиндрическая жесткость плиты:

$$D_0 = \left[D_{11} \left(\frac{m\pi}{a} \right)^4 + 2(D_{12} + D_{33}) \left(\frac{m\pi}{a} \right)^2 \left(\frac{n\pi}{b} \right)^2 + D_{22} \left(\frac{n\pi}{b} \right)^4 \right]; \quad (15)$$

q_{mn} – коэффициент ряда по нагрузке:

$$q_{mn} = \frac{16q}{\pi^2 mn} \sin \frac{m\pi}{2} \sin \frac{m\pi \Delta x}{2a} \sin \frac{n\pi}{2} \sin \frac{n\pi \Delta y}{2a}, \quad (16)$$

где Δx и Δy – размеры грузовой площадки.

Для сравнения результатов был выполнен расчет двухслойной конструкции из щебня и песка. В качестве упругого основания принят песок с коэффициентом постели $C_z = 116308$ кН/м³, слой щебня толщиной $h = 0.2$ м, модулем упругости $E = 68,8$ МПа и коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$; грузовая площадка принята равновеликой отпечатку колеса диаметром 0,33 м в виде квадрата со стороной 0,30 м. Интенсивность равномерно распределенной нагрузки $q = 530$ кПа, размеры плиты в плане 1,5x1,5 м. При удержании трех членов ($m = 1, 3, 5$), ряд сходится, значение прогиба составляет 0,81 мм. По результатам эксперимента получено значение 0,86 мм. Расхождение теоретического расчета с экспериментальными данными составляет 5,8 %, что свидетельствует об адекватности предложенной модели. При теоретическом расчете аналогичной конструкции без армирования значение прогиба составило 1,29 мм при экспериментальном значении

1,46 мм (расхождение 11,6 %). Отличие расчета конструкции без армирования заключается в том, что в качестве расчетной толщины принимается половина фактической, т.е. только сжатая зона.

Таким образом, можно говорить, что при введении в основание дорожной одежды из щебня и песка армирующей георешетки в расчете по упругому прогибу верхний слой такой конструкции можно рассматривать как многослойную плиту на упругом основании. При этом за общую толщину многослойной плиты можно принимать полную высоту щебеночного слоя. Для неармированного варианта общая толщина многослойной плиты уменьшается до 50 % по сравнению с армированным вариантом в зависимости от фракции щебня и коэффициента постели упругого основания.

Выводы

1. Армирование плоской георешеткой со стальными волокнами позволяет снизить упругий прогиб системы "щебень-песок" до 41 %.

2. Слой щебня, армированный георешеткой, уложенной в ее основание, за счет эффекта армирования можно рассматривать как плиту на упругом основании. Эффект армирования возникает вследствие того, что слой щебня, который фактически является дискретной средой и не воспринимает растягивающие напряжения, за счет механического зацепления с георешеткой включается в работу на всей толщине, а не только в сжатой зоне.

3. Предложена методика расчета армированного слоя щебня как многослойной плиты на упругом основании с использованием технической теории изгиба и метода Бубнова-Галеркина.

4. Использование модели многослойной плиты позволяет исключать из расчета при отсутствии армирования растянутую зону щебеночного основания.

5. Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов исследования подтверждает адекватность предложенной расчетной модели (расхождение не превышает 6 % для армированной и 12 % для неармированной конструкции).

Библиографический список

1. СТО 30478650-001-2012. Георешетка дорожная армированная РД.
2. ГОСТ 20276-2012. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости. – Введ. 2013-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – IV, 32 с.: ил.

3. Матвеев, С.А. Армированные дорожные конструкции: моделирование и расчет / С.А. Матвеев, Ю.В. Немировский. – Новосибирск: Наука, 2006. – 348 с.

4. Матвеев, С.А. Решение плоской задачи для армированной многослойной дорожной одежды / С.А. Матвеев, Н.Н. Литвинов // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 1 (23). – С. 44-46.

5. Болотин, В.В. Механика многослойных конструкций / В.В. Болотин, Ю.Н.Новичков. – М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.

6. Александров, А.В. Основы теории упругости и пластичности / А.В. Александров, В.Д. Потапов. – М.: Высш. шк., 1990 – 400 с.

7. Киселев, В.А. Расчет пластин / В.А. Киселев. – М.: Стройиздат, 1973. – 151 с.

8. Матвеев, С.А. Моделирование и расчет многослойной армированной плиты на упругом основании / С.А. Матвеев // Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. – № 3. – С. 29-34.

9. Амбарцумян, С.А. Теория анизотропных пластин / С.А. Амбарцумян. – М.: Наука, 1987. – 360 с.

10. Клейн, Г.К. Строительная механика сыпучих тел / Г.К. Клейн. – М.: Стройиздат, 1977 – 256 с.

11. Корнев Б.Г. Расчет плит на упругом основании / Б.Г. Корнев, Е.И. Черниговская. – М.: Госстройиздат, 1962. – 356 с.

12. Самуль, В.И. Основы теории упругости и пластичности / В.И. Самуль. – М.: Высш. шк., 1982 – 264с.

EXPERIMENTAL AND THEORETICAL STUDIES OF THE REINFORCED BASE OF THE PAVEMENT

S. A. Matveev, E. A. Martynov,
N. N. Litvinov

Abstract. The paper presents the results of stamp testing double-layer base of crushed stone and sand, reinforced with planar geogrid with steel fibers in a plastic shell. There are determined regularities of deformation and gotten the deformation characteristics of reinforced construction. Experimentally determined deflections of the reinforced base are compared with the results obtained theoretically. The reinforced layer of crushed stone is considered as a multi-layer plate on the elastic foundation, for calculation of which there is used the Bubnov-Galerkin method. The theoretical and experimental results are satisfactory coincided. The effect of reinforcement on deflections is established.

Keywords: pavement, reinforcement, effect of reinforcement, plate on elastic foundation, deflection.

References

1. СТО 30478650-001-2012. Georeshetka dorozhnaja amirovannaja RD [Reinforced road geodrid].
2. GOST 20276-2012. *Grunty. Metody polevogo opredelenija harakteristik prochnosti i deformiruемости* [State standart Methods of field determination of durability and deformability's characteristics]. Moscow, 2013. 32 p.

3. Matveev S.A., Nemirovskij Y.V. *Armirovannye dorozhnye konstrukcii: modelirovanie i raschet* [The reinforced road constructions: modeling and calculation]. Novosibirsk: Nauka, 2006. 348 p.

4. Matveev S.A., Litvinov N.N. Reshenie ploskoj zadachi dlja armirovannoj mnogoslojnoj dorozhnoj odezhdy [The solution of a plane problem for the reinforced multilayered pavement]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 1 (23). pp. 44-46.

5. Bolotin, V.V., Novichkov Ju.N. *Mehanika mnogoslojnyh konstrukcij* [Mechanics of multilayered structures]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1980. 375 p.

6. Aleksandrov A.V., Potapov V.D. *Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti* [Fundamentals of the theory of elasticity and plasticity]. Moscow, Vyssh. shk., 1990. 400 p.

7. Kiselev V.A. *Raschet plastin* [Calculation of plates]. Moscow, Strojizdat, 1973. 151 p.

8. Matveev S.A. Modelirovanie i raschet mnogoslojnoj armirovannoj plity na uprugom osnovanii [Modeling and calculation of the multilayered reinforced plate on the elastic basis]. *Stroitel'naja mehanika i raschet sooruzhenij*, 2012, no 3. pp. 29-34.

9. Ambarcumjan S.A. *Teoriya anizotropnyh plastin* [Theory of anisotropic plates]. Moscow, Nauka, 1987. 360 p.

10. Klejn G.K. *Stroitel'naja mehanika sypuchih tel* [Construction mechanics of granular materials]. Moscow, Strojizdat, 1977. 256 p.

11. Korenev B.G., Chernigovskaja E.I. *Raschet plit na uprugom osnovanii* [Calculation of plates on the elastic basis]. Moscow, Gosstrojizdat, 1962. 356 p.

12. Samul' V.I. *Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti* [Fundamentals of the theory of elasticity and plasticity]. Moscow, Vyssh. shk., 1982. 264 p.

Матвеев Сергей Александрович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительная механика и геотехнологии», декан факультета «Автомобильные дороги и мосты» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: dfsibadi@mail.ru).

Мартынов Евгений Анатольевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: asp_evg@mail.ru).

Литвинов Николай Николаевич (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: niklitvinov_23i@mail.ru).

Matveev Sergey Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department «Construction mechanics and geotechnologies», the dean of the faculty "Automobile roads and bridges", The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: dfsibadi@mail.ru).

Martynov Evgeny Anatolyevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor of the department "Construction mechanics and geotechnologies", The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: asp_evg@mail.ru).

Litvinov Nikolay Nikolaevich (Russian Federation, Omsk) – the senior teacher of the department «Construction mechanics and geotechnologies», The Siberian automobile and highway academy (SibADI). (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: niklitvinov_23i@mail.ru).

УДК 62-294.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРОВ В ПРЕСС-ФОРМАХ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПЛАСТМАСС

Н.С. Першин¹, М.С. Чепчуров¹

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
«БГТУ им. В.Г. Шухова», Белгород, Россия.

Аннотация. В статье рассматривается проблема использования металлополимеров при реконструкции и ремонте пресс-форм для литья пластиков. Сравниваются физические свойства материалов пресс-форм и металлополимеров. На основании проведённого анализа, авторы предложили некоторые элементы конструкций пресс-форм для использования металлополимеров. Сделаны выводы о преимуществах и недостатках применения металлополимеров в элементах конструкций пресс-форм.

Ключевые слова: металлополимеры, пресс-форма, литьё пластмасс, каналы охлаждения.

Введение

Металлополимер представляет собой матрицу из полимерного материала, содержащую наполнитель – металл. В качестве матриц используются связующие на основе фенолформальдегидных эпоксидных смол (ЭС), олигоэфиракрилатных материалов и т.п. Наполнителем может являться сталь, алюминий, титан, бронза и другие металлы и сплавы в зависимости от требуемых свойств материала [1]. Производители предлагают широкий спектр различных эпоксидных металлонаполненных составов для использования в качестве ремонтно-восстановительных составов, но при этом в рекламе утверждается, что возможно применение этих составов и для изготовления литьевых форм. Авторы статьи попытались разобраться с этим утверждением, в отношении литьевых форм для изготовления деталей из термопластов (полипропилена).

Использование металлополимеров в пресс-формах для литья пластмасс

Литьё полипропилена под давлением может быть выполнено при температуре свыше 150°C, а реальная температура расплава может достигать 250°C. Сам материал является полиолефином, что не исключает его взаимодействия с материалом матрицы металлополимера. Требования к материалам элементов пресс-форм сформулированы в ГОСТ 27358-87 [2], там же приведены и рекомендации по

межремонтному обслуживанию оснастки, например, пресс-форма 1-й категории сложности при литье изделий из полипропилена должна обеспечивать изготовление 300 тыс. деталей до капитального ремонта. Но в то же время в инструментальное производство могут поступать заказы на изготовление оснастки для производства 10, 20, 30 тыс. деталей, следовательно, согласно требованиям стандарта, уже не требуется использование дорогостоящих легированных сталей или выполнение мехобработки для формообразующих деталей оснастки. У производителя, занятого массовым выпуском изделий с использованием термопласт-автоматов, всегда имеется в наличии определённый складской запас не используемой оснастки, которую можно перереконструировать под вновь изготавливаемые изделия. На взгляд авторов наиболее перспективным представляется использование композитов в реконструкции плит, а также исправления дефектов в каналах охлаждения. Проанализировав свойства материалов, используемых для плит, а также свойства металлополимеров, прежде всего будем исходить из условий: максимальное давление охлаждающей жидкости в пресс-форме не больше 0,63 МПа; максимальная температура плит пресс-форм не более 120°C;

Таблица 1 – Материалы деталей пресс-форм

№ п/п	Наименование материала	Предел прочности при 200..220°C, МПа	Твёрдость, НВ при 20°C	Коррозионная-стойкость в средах
1	ЭС с Al наполнителем	80..90	205..215	Вода, нефтепродукты
2	ЭС с наполнителем из стали температуростойкой	85..105	240..235	Вода, нефтепродукты
3	ЭС с наполнителем из титана	80..90	нет данных	Вода, нефтепродукты, кислоты, щёлочи
4	Сталь У8А ГОСТ 1435-99	640..650	197 (после отжига)	нефтепродукты, кислоты, щёлочи
5	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	550..690	197..241	нефтепродукты, кислоты, щёлочи
6	Сталь 40Х ГОСТ 4543-71	470..655	143..248	нефтепродукты, кислоты, щёлочи

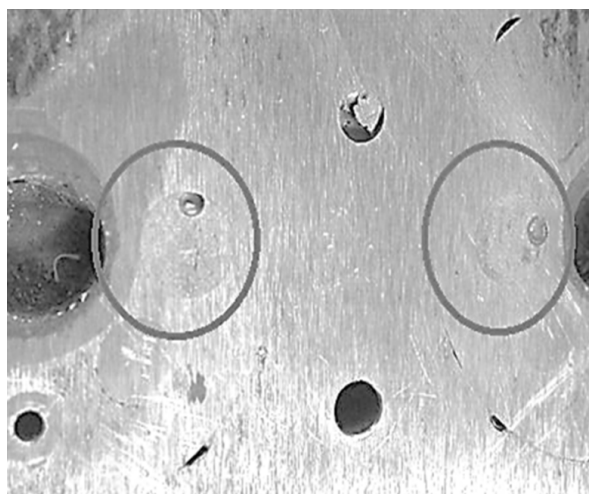


Рис. 1. Плита пресс-формы с заделанными неиспользуемыми отверстиями металлополимером

В столбце 3 таблицы 1 для стали указаны значения пределов прочности, максимальное значение соответствует закалке с последующим отпуском. Сравнительный анализ различных источников по композитным материалам [3,4] показал, что модуль Юнга составляет всего $4,5 \cdot 10^3$ МПа, в тоже время твёрдость по Шору может находиться в диапазоне 80..90 ед. Следовательно, эти материалы обладают высокой хрупкостью, при износостойкости сравнимой с закалённой сталью. Анализ данных таблицы 1 показывает, что использование композитов, при реконструкции пресс-форм, возможен в том случае, если выполняется замена части детали из незакалённой стали, т.е. в оснастке возникают относительно небольшие нагрузки на элементы, что вполне допустимо. Рассмотрим элементы конструкций пресс-форм, в которых возможно использование композитов.

Наиболее применяемой для использования являются система охлаждения, в плане герметизации дефектов, полученных при механической обработке, или при изменении конструкции плиты, в которой находятся каналы охлаждения [5,6] и т.п., как это показано на рисунке 1. В тоже время перед изготовлением пресс-форм появляется перспектива получения каналов охлаждения сложной конфигурации, при минимальной механической обработке, например, канал (1) представленный на рисунке 2, можно выполнить путём разделения плиты (2), и фрезерования пазов в каждой половине плиты, с последующим их соединением винтом (4) с помощью металлополимера (3) по схеме, представленной на рисунке 3.

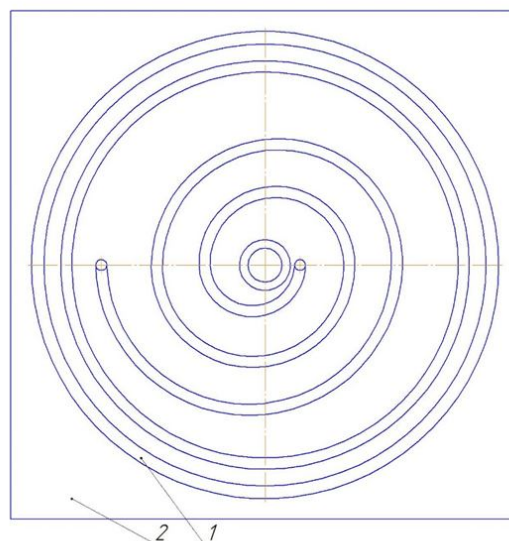


Рис. 2. Канал охлаждения сложной конфигурации
1 – канал охлаждения; 2 – плита пресс-формы

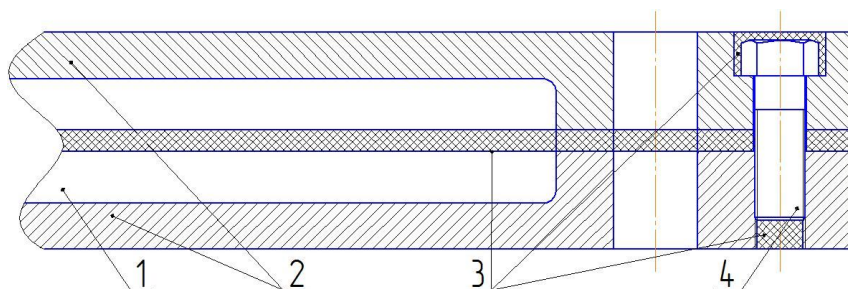


Рис. 3. Схема соединения половин плиты с помощью металлополимера для получения канала охлаждения сложной формы: 1 – канал охлаждения; 2 – половины пресс-формы; 3 – металлополимер; 4 – соединительный болт

Схему охлаждения, представленную на рисунке 2 практически невозможно выполнить в цельной плите, поэтому для сравнения технологий получения каналов охлаждения воспользуемся схемой, представленной в [7] с перпендикулярным расположением каналов. Для её получения используют координатно-сверильную обработку, при этом выполняется глубокое сверление, не исключена возможность получения брака, полученное сквозное отверстие глушится с использованием пробок, устанавливаемых на герметик. Операция получения каналов по представленной технологии, занимает достаточно много времени. Но если выполнить фрезерование каналов непосредственно в соответствии с его контуром, а затем соединить плиты, при помощи композита, как показано на рисунке 3, то эта операция занимает меньше времени. Как показывают расчёты, выполненные при проектировании технологии в ADEM9.0st [8], примерно на 40..50% меньше времени.

Использование металлополимеров для реконструкции пресс-форм требует рассмотрения вопросов сравнения временных затрат, выражаемых в норма-часах. Следует учитывать следующее: время отверждения композитного состава, которое составляет не менее 16 часов, время приобретения композитом заявленных свойств, не менее 48 часов; для металлонаполненных композитов с целью обеспечения требуемой стойкости, следует выполнить термическую обработку не менее 14 часов. Таким образом, при необходимости выполнения работ в течении 1 смены, металлополимеры на основе эпоксидных смол не могут быть использованы, что следует учитывать при оперативном ремонте или реконструкции пресс-форм.

При использовании металлополимерного материала для восстановления поверхностей требующих обеспечения необходимого зазора для корректной работы пакета пресс-формы, важно учитывать коэффициент температурного расширения металлополимера, который равен $\alpha = (30..40) \times 10^{-6} \times K^{-1}$ или $\alpha = 54 \times 10^{-6} \times C^{-1}$ [5]. Увеличение диаметра отверстия при температурном расширении вычисляется по формуле:

$$\Delta d = \alpha \times (t - t_0) \times d,$$

где, Δd – изменение диаметра; α – коэффициент температурного расширения; t – температура нагрева материала; t_0 –

начальная температура материала; d – диаметр отверстия.

Так для отверстия диаметром 3мм (отверстие в промежуточной плите под толкатели) изменение диаметра при температуре 120°C будет равно:

$$\Delta d = 54 \times 10^{-6} \times (120 - 20) \times 3 = 0,0162 \text{ мм.}$$

То есть, при восстановлении отверстия необходимо учитывать, что при рабочей температуре 120°C, отверстие диаметром 3мм будет увеличено на 0,0162 мм. Это важно учитывать при обеспечении соответствующего зазора между поверхностями толкателя и отверстия.

Заключение

Таким образом, теоретически доказано и практически подтверждено, что использование металлополимеров при ремонте и модернизации пресс-форм позволяет значительно сократить трудовые затраты, но при этом не возможен оперативный ремонт, так как время приобретения металлополимером своих механических свойств составляет не менее 48 часов.

Результаты исследований, изложенные в статье выполнены в рамках гранта: «Проект ПСР № 2011-ПР- 146», договор № А-7/14 от 10.04.2014 г.

Библиографический список

1. Адаменко, Н.А. Конструкционные полимерные композиты: учеб. пособие / Н.А. Адаменко, А.В. Фетисов, Г.В. Агафонова. – Волгоград: ВГТУ, 2010. – 100 с.
2. ГОСТ 27358-87 Пресс-формы для изготовления изделий из пластмасс. Общие технические условия – М.: ИПК Изд-во стандартом, 2004. – 16 с.
3. Мини каталог химии WEICON – М.: Изд-во «Офис ЮМП», 2013. – 20 с.
4. Металлополимеры «ЛЕО» – М.: Изд-во «ЗАО Металлополимерные материалы ЛЕО», 2013. – 33 с.
5. Чепчуров, М.С. Модернизация машин для литья термопластов на базе персональных компьютеров / М.С.Чепчуров, А.А. Погонин, А.Г. Схиртладзе // Ремонт, восстановление, модернизация. –2007. – № 5. – С. 7-14.
6. Конструирование литьевых пресс-форм в 130 примерах / Г. Гастров [и др.]. – СПб.: Изд-во «Профессия», 2006. – 336 с.
7. Пантелеев, А.П. Справочник по реконструированию оснастки для переработки пластмасс / А.П. Пантелеев. – М.: Изд-во «Машиностроение», 1986. – 399 с.
8. Коженков, В.Т. Опыт производства пресс-форм с ADEM / В.Т. Коженков. – М.: Изд-во

«Всероссийский научно-исследовательский институт межотраслевой информации – федеральный информационно-аналитический центр оборонной промышленности», 2004. № 4. – 81 с.

USE OF METALLOPOLYMERS IN MOLDS FOR MOULDING OF PLASTICS

N.S. Pershin, M.S. Chepchurov

Abstract. The authors consider the problem of using metallopolymers at reconstruction and repair of molds for plastics' moulding. The authors compare physical properties of molds' materials and metallopolymers. On the basis of the performed analysis, the authors have proposed some structural elements of molds for using metallopolymers. The article presents advantages and disadvantages of using metallopolymers in elements of molds.

Keywords: metallopolymers, molds, moulding of plastics, cooling channels.

References

1. Adamenko N.A. *Konstrukcionnye polimernye kompozity: ucheb. posobie* [Structural polymer composites]. Volgograd, 2010, 28 p.
2. GOST 27358-87 *Press-formy dlja izgotovlenija izdelij iz plastmass. Obshhie tehicheskie uslovija* [State standard 27358-87 Compression molds for the manufacture of plastics]. General specifications. IEC Standard Publishing, 2004, pp. 1-16.
3. [Mini catalog Chemistry WEICON]. Office YUMP, 2013, pp. 1-20.
4. *Metallopolimery «LEO»* [Metallpolimers "Leo"]. ZAO Metal-LEO materials, 2013, pp. 33.

5. Chepchurov M.S. *Modernizacija mashin dlja lit'ja termoplastov na baze personal'nyh komp'yutеров* [Modernization of machines for moulding of thermoplastics using personal computers]. Repair, restoration, modernization, 2007. No.5. pp. 7-14.

6. Gastrov G. *Konstruirovanie lit'evykh press-form v 130 primerah* [Construction of molds in 130 examples]. Occupation, 2006. 336 p.

7. Panteleev A.P. *Spravochnik po rekonstruirovaniju osnastki dlja pererabotki plastmass* [Handbook on reconstructing equipment for plastics processing]. Engineering, 1986. 399 p.

8. Kozhenkov V.T. *Opyt proizvodstva press-form s ADEM* [Experience of molds' production with ADEM]. All-Russian Research Institute of Interbranch Information - A federal information-analytical center of the defense industry, 2004. no. 4, 81 p.

Першин Николай Сергеевич (Россия, г. Белгород) – директор ООО «Инновационно прикладные системы» (308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: pershin26@yandex.ru).

Чепчуров Михаил Сергеевич (Россия, г. Белгород) – доктор технических наук, профессор БГТУ им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова 46, e-mail: avtpost@mail.ru).

Pershin Nikolay Sergeevich (Russian Federation, Belgorod) – the director of LLC «Innovative application systems» (308012, Belgorod, Kostyukova st. 46. e-mail: pershin26@yandex.ru).

Chepchurov Mikhail Sergeevich (Russian Federation, Belgorod) – doctor of technical science, professor of BSTU named after V.G. Shukhov (308012, Belgorod, Kostyukova st. 46. e-mail: avtpost@mail.ru).

УДК 550.3

НЕОБХОДИМОСТЬ АКТУАЛИЗАЦИИ ДОРОЖНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ЮГА ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Р.С. Федюк, П.Г. Козлов, А.В. Мочалов, А.М. Тимохин
Дальневосточный федеральный университет, Россия, г. Владивосток.

Аннотация. В данной статье исследованы природно-климатические условия, влияющие на формирование водно-теплового режима грунтов рабочего слоя земляного полотна автомобильных дорог на территории юга Дальнего Востока. Авторами выявлены связи и закономерности изменения критериально принятых в ранее выполненных исследованиях природно-климатических условий, определяющих распространение признаков геокомплексов в пределах границ дорожно-климатических зон. Обозначены установленные несоответствия в территориальном делении дорожно-климатических зон, достаточно условно выделенных в действующих нормах проектирования автодорог. Эскизно, с учетом факторов зонального, интразонального и регионального характера на территории исследования назначены линии границ дорожно-климатических зон.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожно-климатическое районирование, климат, рельеф, юг Дальнего Востока, почвогрунт.

Введение

Эффективное использование автомобилей невозможно без автомобильных дорог. Автомобильные дороги - дороги с твердым покрытием, по которым осуществляются интенсивные автомобильные перевозки грузов и организованные пассажирские автобусные сообщения. Российская автодорожная сеть в большинстве своей является головной болью, как эксплуатирующих организаций, так и простых пользователей. Вопросы, с которыми сталкивается инженер, проектирующий автомобильную дорогу, часто более сложны и менее изучены, чем задачи, возникающие при проектировании большого моста, здания, промышленного объекта и других сооружений. Автомобильная дорога, то извивающаяся по склонам долины, то пересекающаяся насыпью заболоченный участок местности, то срезающая выемкой холм, должна все время подчиняться строгим закономерностям, вытекающим из требований удобства и безопасности движения. Дорога должна длительное время выдерживать нагрузки от тяжелогруженных автомобилей, идущих на высокой скорости, и воздействие климатических факторов.

Современная автомобильная дорога – сложное сооружение, которое должно служить в течение нескольких десятилетий. Она имеет надлежательный поперечный профиль, искусственные сооружения в виде мостов, дорожных труб, подпорных стенок, ограждений и других специальных сооружений.

Состояние эксплуатируемых автомобильных дорог определяется рядом совместно учитываемых элементов, основными из которых следует считать: природно-климатические факторы, особенности проектирования и строительства, аспекты эксплуатации и ремонта [1-4]. Анализируя степень влияния вышеизложенных факторов, можно сделать вывод, что на изменение транспортно-эксплуатационных показателей в течение

всего срока службы дорожной одежды автодорог в районах с низкими сезонными температурами и значительным количеством осадков наиболее существенное влияние оказывают природно-климатические условия (а именно, метеорологические и географические факторы). Соответственно, только учет всего комплекса природно-климатических факторов позволит максимально эффективно спроектировать такое ответственное инженерное сооружение как автомобильная дорога. Однако, СНиП 2.05.02-85 [5], регламентирующий проектирование автомобильных дорог, произвел дорожно-климатическое районирование страны на основании исследований, проведенных большей частью в ее европейской части и обобщенных на всю территорию. В то же время, уникальность климата юга Дальнего Востока, требует пересмотра нормативных положений или, как минимум, проведения систематических исследований на данной территории.

Общая характеристика природно-климатических условий

В приведенном исследовании мы охватили территорию, определенную термином «Юг Дальнего Востока России» (далее ЮДВ): Еврейская автономная область, южная часть Хабаровского края (Приамурье) и Приморский край (рис.1). Это обширная территория, площадью более 295000 км², с очень сложным пересеченным рельефом, расположенная в восточной части Евразии, и соседствующая с водными просторами Тихого океана. На этой территории происходит сезонная смена воздушных потоков, вызывающая сезонную смену погодных условий, зависящую от муссонного типа климата умеренных широт. Влияние муссонной циркуляции, близость береговой черты, сложность и неоднородность физико-географического положения обуславливают определенные закономерности, как радиационного режима, так и в целом климата, характерные только для рассматриваемой территории [6].



Рис. 1. Район исследования – юг Дальнего Востока России

Юг Дальнего Востока, имеющий весьма сложную поверхность, может быть охарактеризован в целом как горный район. Около четырех пятых территории занимает протянувшаяся с северо-востока на юго-запад горная система Сихотэ-Алинь. На равнины и низменности приходится лишь около одной пятой территории. Отмеченное выше географическое положение юга Дальнего Востока, а также сложность и неоднородность поверхности его территории, обуславливает большое разнообразие и контрастность как природных, так и климатических условий рассматриваемого района. На формирование климата юга Дальнего Востока оказывает влияние географическое положение, циркуляция воздушных масс, характер подстилающей

поверхности, солнечная радиация. Климат данной территории влажный, умеренный, имеет ярко выраженный муссонный характер, который характеризуется преобладанием адвективных процессов над радиационными, т.е. перемещением над данной территорией воздушных масс, зарождающихся за пределами Приморского края.

Лето на ЮДВ теплое, влажное, со значительным количеством осадков. Зима холодная и более сухая, с большим количеством солнечных дней. Весна долгая, прохладная, осень – сухая, теплая, с ясной погодой. Среднегодовое количество осадков составляет 600-900 мм, максимальное количество выпадает в летние месяцы. Средняя температура июля колеблется от +17°C на северо-востоке района

исследования до $+26^{\circ}\text{C}$ – на Приханкайской равнине. Средняя температура января составляет -12°C – на побережье и -27°C – в материковых районах. В зимний период (с ноября по март) данная территория находится под преобладающим воздействием очень холодных и сухих воздушных масс, формирующихся в области развития мощного азиатского антициклона. Ясная погода, обусловленная антициклонической циркуляцией, способствует сильному выхолаживанию земной поверхности, что в свою очередь приводит к еще большему охлаждению воздушных масс. Результирующий поток воздуха направлен с северо-запада на юго-восток – от области азиатского максимума давления к области более низкого давления, преобладающего над Тихим океаном и окраинами моря [7].

В летний период (с апреля по сентябрь) движение воздушных масс приобретает противоположное направление: они перемещаются в основном с юго-востока на северо-запад, т.е. из области развития тихоокеанского субтропического антициклона в сторону дальневосточной барической депрессии. Муссоны юга Дальнего Востока являются северной разновидностью муссонов южной и восточной территории азиатского материка и имеют свои специфические особенности. Муссонная циркуляция над территорией обуславливается сезонной сменой давления воздуха над северной частью Азиатского материка и над Тихим океаном. Зимой здесь устанавливается исключительно высокое давление (около 780 мм рт. ст.). Над Тихим океаном в это время давление падает до 750 мм рт. ст. Поток воздуха из области высокого давления на материке перемещается с большой скоростью в области низкого давления – к океану. Вертикальная мощность этого потока (до 4 км.) превышает высоту горных хребтов, встречающихся на его пути. Поэтому горные образования на территории юга Дальнего Востока не могут быть сколько-нибудь значительной преградой на пути движения воздушных масс. Их влияние сказывается лишь на местном, у поверхности земли, изменении направления и скорости движения воздуха. Таким образом, зимний муссон охватывает всю рассматриваемую территорию, а его устойчивость обеспечивается большой разницей между барическим максимумом и минимумом.

Основными особенностями летнего муссона, также обусловленного своим расхождением разнице давлений над

материком и над океаном, являются малая мощность и двухстадийность развития. Первая стадия развития летнего муссона, продолжающаяся с конца мая по середину июля, характеризуется тем, что муссон представляет собой перенос с юго-восточными ветрами относительно прохладного и влажного морского умеренного воздуха с Японского моря. Средняя месячная температура июня, в связи с этим, значительно ниже средней месячной температуры сентября. Вторая стадия летнего муссона (конец июля – сентябрь) представляет собой распространение в юго-восточном потоке масс умеренного воздуха со стороны усиливающегося к этому времени Гавайского антициклона. Влажные и теплые массы воздуха приносят на материк обильные ливневые дожди. Осадки выпадают в системах циклонов полярного и тропического фронтов морского происхождения. В это же время на территорию юга Дальнего Востока проникают тропические циклоны (тайфуны), вызывающие катастрофические наводнения на реках. В некоторые годы летний муссон, распространяющийся с юга, не достигает южных границ Дальнего Востока России, угасая еще в северо-восточном Китае. В эти годы на всей территории наблюдается сухое лето и отсутствие наводнений. В годы, когда над Восточной Азией циклоническая деятельность менее активна и области высокого и низкого давления приобретают характер стационарных барических полей, над Приморьем могут наблюдаться засухи и суховеи. Так, если над Японским морем и северо-западной частью Тихого океана в теплый период года устанавливается антициклоническое поле, а над северными районами Хабаровского края, над Охотским морем и провинцией Дуйбэй (Китай) в районе 50-й параллели и севернее ее располагается циклоническое поле – лето в Приморском крае бывает сухим, наводнений почти не происходит и урожаи сельскохозяйственных культур резко снижаются от засухи и суховеев. Причем, суховеи представляют собой трансформировавшийся муссонный поток и, следовательно, составляют неотъемлемую часть муссонного климата края (муссонные суховеи).

Таким образом, над территорией юга Дальнего Востока во все времена года господствуют чужеродные массы воздуха. В результате этого здесь сильно видоизменяются зональные особенности, присущие одним широтно-материковым

областям. В то же время, сложный рельеф поверхности обуславливает наличие климатических контрастов внутри самой рассматриваемой территории. Отмеченные ранее физико-географические условия природных областей и циркуляционные факторы климата, обусловленные соседством материка и океана, играют большую роль в формировании основных черт климата юга Дальнего Востока. Радиационный баланс юга Дальнего Востока в годовом значении в южной лесной зоне меньше, чем в лесостепной. Такое распределение баланса почти полностью определяется режимом облачности. Прибрежный район лесной зоны, отличающийся наибольшей облачностью, имеет наименьшее значение радиационного баланса. Таким образом, климат рассматриваемой территории имеет ярко выраженный муссонный характер. Лето теплое влажное, со значительным количеством осадков; зима холодная, ветреная, солнечная и более сухая.

Исходя из анализа общей картины природно-климатических условий юга Дальнего Востока, можно сделать вывод, что наряду с суммарной солнечной радиацией температура воздуха, направление и скорость ветра, а также влажностный режим

относятся к числу наиболее важных климатических факторов, воздействие которых на инженерные сооружения различного назначения оказывается наиболее значительным.

В годовом ходе величины суммарной радиации колеблются в пределах 4000 - 5000 МДж/м² при общем увеличении с севера на юг. Значительно уменьшаются суммы в прибрежных районах. Так на актинометрической станции Рудная Пристань годовая сумма суммарной радиации составляет 4720 МДж/м², в более континентальном районе по данным ст. Новосельское – 4918 МДж/м².

Данное различие связано со значительной повторяемостью пасмурного неба и туманов, наблюдающиеся летом на побережье, которые снижают поступление прямой солнечной радиации.

Большое влияние на количество приходящей радиации, особенно на побережье, оказывают местные условия. Так, на ст. Сад-Город, находящейся всего в 30 км, годовой приход суммарной радиации больше, чем во Владивостоке на 228 МДж/м². Суммарная радиация имеет простой годовой ход, максимальные значения по данным большинства станций отмечаются в июне, минимальные - в декабре (рис. 2).

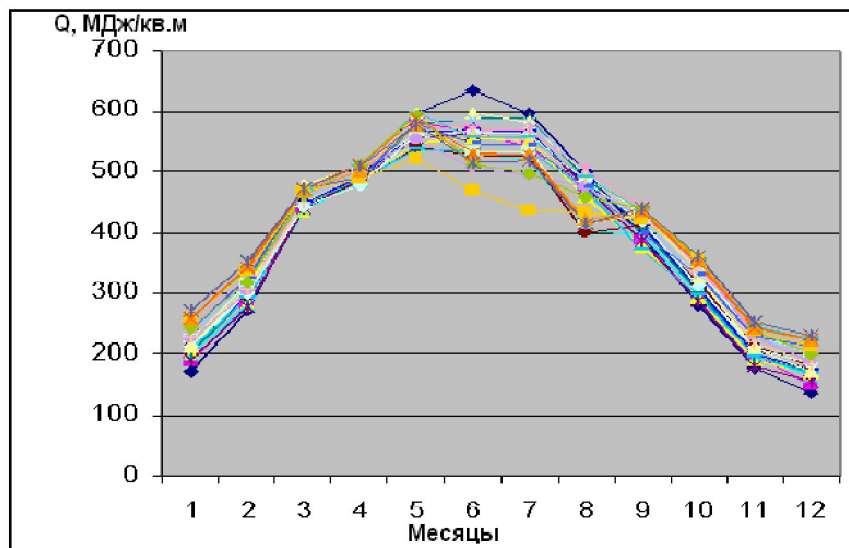


Рис. 2. Годовой ход месячных сумм суммарной солнечной радиации на актинометрических станциях региона (12 станций)

Применение методов математического моделирования при формировании информационной базы для дорожно-климатического районирования связано с неравномерным распределением плотности

сети автомобильных дорог на отдельных территориях Российской Федерации. Натурные измерения, например, влажности грунтов земляного полотна в расчётный период, можно выполнить не для всех

территорий региона, кроме того выделение дорожных районов на этапе уточнения дислокации границ I, II и III дорожно-климатических зон не всегда обеспечивает возможность сбора статистической информации о нормируемых значениях характеристик грунтов из-за отсутствия автомобильных дорог [8].

В зависимости от территориального распределения величины радиационного баланса, режимом возрастания и убывания положительной и отрицательной его составляющих на протяжении года, а также характером циркуляции атмосферных масс находятся и продолжительность сезонов года, и время залегания снежного покрова, и процессы замораживания-оттаивания, и среднегодовые величины температуры воздуха и даты заморозков и т.п. на всей территории района исследования. Весь комплекс этих факторов оказывает решающее влияние на формирование современного состояния и температурного режима горных пород в поверхностной части [9]. Также, немаловажно отметить, что пространственное распределение радиационного баланса и его составляющих оказывает большое влияние на влажностный режим, а, следовательно, и на свойства пород, слагающих поверхностную часть территории юга Дальнего Востока.

Дорожно-климатическое районирование

Проектирование земляного полотна (включая защитные, подпорные и удерживающие конструкции) на оползневых и оползнеопасных участках, а также в районах распространения селей, осыпей, лавин, карста, слабых грунтов, просадочных и набухающих грунтов и на участках влияния абразии и речной эрозии) автомобильных дорог регламентируют нормы СНиП 2.05.02-85*. Согласно требованиям данного документ исследуемый район делится на две климатические зоны - I и II дорожно-климатические зоны (рис. 3). Однако, как уже было отмечено ранее, этот СНиП был разработан по результатам исследования водно-теплого режима европейской части нашей страны. Этот факт, объясняется тем, что систематических исследований на всей территории юга Дальнего Востока организовано не было. Типы укрепления откосов земляного полотна и водоотводных сооружений должны отвечать условиям работы укрепляемых сооружений, учитывать свойства грунтов, особенности погодно-климатических факторов, конструктивные особенности земляного полотна и

обеспечивать возможность механизации работ и минимум приведенных затрат на строительство и эксплуатацию [5].



Рис. 3. Действующее дорожно-климатическое районирование

При строительстве автомобильных дорог в условиях юга Дальнего Востока необходимо очень внимательно относиться к особенностям природно-климатических условий, уметь их использовать для обеспечения бесперебойного движения автомобильного транспорта в различные периоды года. К основным сооружениям, наиболее подверженным воздействию климатических условий относятся: земляное полотно, дорожная одежда, водоотводные сооружения, путепроводы, тоннели и подпорные стенки. Они обеспечивают эксплуатацию дороги в любых природно-климатических условиях. Глубокое различие теплообеспеченности и увлажненности рассмотренных поясов обуславливает формирование различного сочетания зонально-геологических факторов в их границах и определяет принципиальное различие инженерно-геологических условий этих территорий [9].

В то же время, опыт эксплуатации автомобильных дорог ЮДВ свидетельствует о следующих характерных особенностях, присущих данной территории: пучинообразование и неровности покрытия, что снижает срок службы и наносит большой экономический ущерб. Согласно [7], протяженность пучинистых участков дорог Хабаровского края достигает до 10 %. Снижение их транспортно-эксплуатационных

характеристик вызвано тем, что количество неровностей достигает 9 м на километр при норме 1 м; это приводит к большим народно-хозяйственным потерям во время весеннего избыточного переувлажнения грунтов. Пучинообразованию на юге Дальнего Востока способствует преобладание пучинистых грунтов, таких как пылеватые глины, пылеватые супеси и пылеватые суглинки. В качестве характеристики пучинообразования служит коэффициент пучения, представляющий собой отношение величины поднятия грунта к глубине его промерзания.

При определении характеристик грунтовых условий чаще всего применяют расчетный метод. Ранее уточнение границ дорожно-климатических районов (ДКР) на юге Дальнего Востока проводилось по многим стандартным климатическим характеристикам, однако в условиях резкопульсационного характера климата это является недостаточным [8].

По СНиП земляное полотно в I ДКЗ необходимо проектировать с учетом температурного режима грунтов и их физико-механических свойств, влияющих на величину осадки насыпи при оттаивании в ходе эксплуатации. В северной части исследуемой территории температура почвы и воздуха испытывают разнонаправленные тенденции, в частности, повышение, понижение и стабильное состояние. Действующие расчетные методы исследования промерзания-оттаивания грунтов базируются на позициях, что амплитуда колебаний температур грунта с глубиной уменьшается. Однако на юге Приамурья и в ЕАО амплитуда колебаний температур почвы по среднегодовым характеристикам превышает амплитуду воздуха, а на определенных глубинах эта разница составляет до двух раз. С учетом перечисленных особенностей логично использовать для уточнения границ районов динамические характеристики климата. Дифференциацию территории по динамическим характеристикам температуры почвы и воздуха, а также их амплитуд, следует отнести к числу обязательных факторов при районировании [8].

Следует отметить, что ряд дорог ЮДВ построен на сезоннопромерзающих и криогенных почвах. Климатические особенности определяют основные факторы рельефообразования – эрозионные и криогенные, которые оказывают существенное влияние на срок службы автомобильных дорог (в условиях юга

Дальнего Востока этот срок сокращается в 2 - 2,7 раза). Поскольку дорожно-климатическое районирование учитывает не только природно-климатические условия, но и особенности строительства и эксплуатации дорог, например, организацию водоотвода, границы районов, как правило, проходят южнее природных зон. Так, в первую дорожно-климатическую зону (ДКЗ) входят территории распространения многолетнемерзлых пород, в пределах которой расположено несколько природных зон: арктическая, тундровая, часть лесотундровой зоны. Вторая ДКЗ выделена по принципу избыточного увлажнения (лесотундровая и лесные зоны). Практически весь юг Дальнего Востока подпадает под характеристики, присущие данной зоне: большое количество жидких осадков, длительное сезонное промерзание, высокое стояние грунтовых вод на большей части территории зоны, преобладание пучинистых грунтов – все это способствует интенсивному влагонакоплению и, как следствие, морозному пучению и разуплотнению грунтов [7]. Некоторые ведущие исследователи [10-11] считают, что дорожно-климатическое районирование ЮДВ не должно быть ограничено пределами первых двух зон. В частности, эта гипотеза обусловлена тем, что, во-первых, климатические условия ДКЗ II охарактеризованы как умеренно континентальные. Однако особенность климата как Приморья, так и Приамурья состоит в том, что на прибрежной территории преобладает муссонный климат, а вот в континентальной части – умеренно континентальный. Для ДКЗ I в европейской части России характерны болота и заболоченные леса. На юге дальневосточного макрорегиона, болота распространены по низменностям и составляют порядка 20 %, вся остальная территория представляет собой горный рельеф. Лесистость ЮДВ - более 80 %. Во-вторых, в отличие от других районов ДКЗ II, рельеф юга Дальнего Востока не является результатом ледниковой деятельности. Лишь во времена мезозоя данный район испытывал незначительное горное оледенение. К этому стоит добавить, что на равнинной территории довольно развита гидрографическая сеть, что является отличительным признаком ДКЗ III. То же замечание относится и к положению уровня грунтовых вод, расположенных практически всегда на большой глубине. Здесь опять-таки, отмечается несоответствие: повсеместное

распространение верховодки, согласно современным представлениям, типично для II, а не для III зоны. В-третьих, на территории ДКЗ II европейской части нашей страны значительное место занимают подзолистые и болотные почвы, а в ДКЗ III – черноземные и бурые лесные. А в исследуемом районе отмечается смешение и в равной степени широкое распространение всех типов почв, с преобладанием горных.

На основании изученного нами исследовательского материала, возможно сделать вывод, что для юга Дальнего Востока необходимо более детальное разбиение на районы и подрайоны, чем разделение на две ДКЗ (ввиду особенностей географического положения, геологического строения почвы и

природно-климатических условий). Очевидно, что назрела необходимость внесения изменений в строительные нормы по проектированию автодорог. За основу методики районирования можно взять разработки зарубежных ученых, которые стараются максимально детализировать дорожно-климатические факторы, учитывая все многообразие факторов: климат, грунт, водоотвод и целый ряд других, о которых уже упоминалось выше [12-13].

Предлагаем ориентировочное дорожно-климатическое районирование с учетом всех вышеприведенных комплексно-учитываемых факторов, которое потребует в дальнейшем уточнения на основе теоретических и экспериментальных исследований (рис. 4).

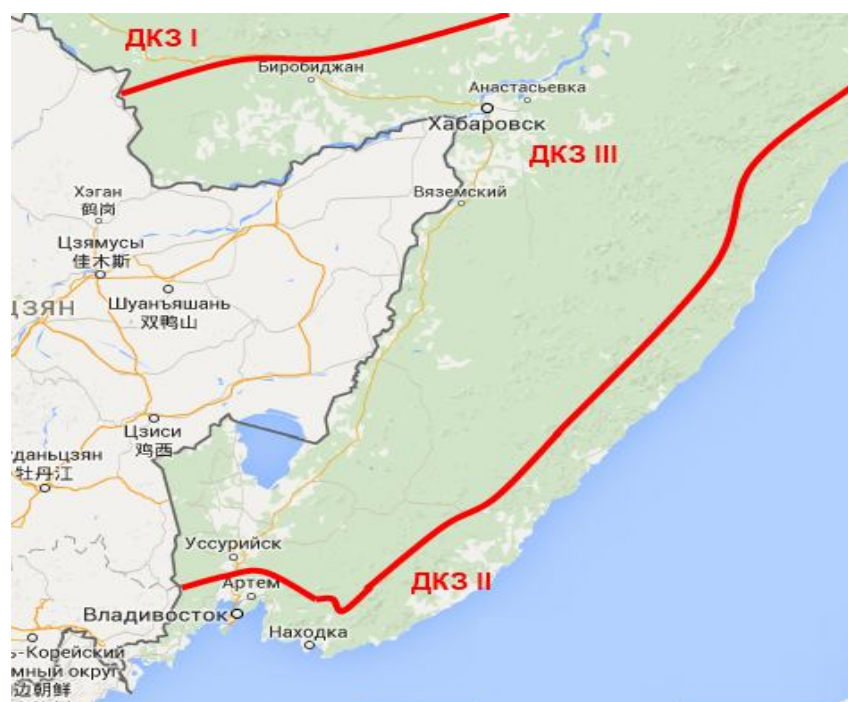


Рис. 4. Предлагаемое (эскизно) дорожно-климатическое районирование

Здесь I зона сокращена до небольшой территории на северо-западе Еврейского автономного округа. II зона располагается на побережье Японского моря, доходя до 50-70 км вглубь материка, III зона занимают большую часть континентальной территории.

Выводы

Низкое эксплуатационное состояние автодорог на исследуемой территории вызвано недостаточным учетом специфики природно-климатических условий, в частности, не запланированы мероприятия по стабилизации водно-температурного режима земляного полотна. Актуализированное

дорожно-климатическое районирование позволит продлить срок службы автомобильных дорог, что приведет к экономии денежных средств на ремонт и замену дорожного полотна.

Библиографический список

1. Efimenko, V. Application of information systems in road-climatic zoning / V. Efimenko, S. Efimenko, A. Sukhorukov, A. Yankovskaya // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – 71 (1).
2. Yankovskaya, A. Structurization of data and knowledge for the information technology of road-climatic zoning / A. Yankovskaya, S. Efimenko, D.

Cherepanov // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – 682, pp. 561-566.

3. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог / В.В. Сильянов – М.: Транспорт, 1984. – 287 с.

4. Васильев, А.П. Принципы прогнозирования транспортно-эксплуатационного состояния дорог / А.П. Васильев, Ю.М. Яковлев, М.С. Коганзон // *Автомобильные дороги*. – 1993. – № 1. – С. 8-10.

5. СНИП 2.05.02-85*. *Автомобильные дороги*. – М, 2004.

6. Кадырова, А.Г. Об анализе однородности климатологических рядов облачности / А.Г. Кадырова // *Труды ГГО*. – 1986. – Вып. 501. – С. 60-65.

7. Федюк Р.С. Рациональное использование климата юга Дальнего Востока при проектировании зданий // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых. Сборник научных трудов V Всероссийской конференции студентов Элитного технического образования, 2014. – С. 34-36.

8. Ефименко В.Н. Учёт региональных природно-климатических условий при формировании информационной базы для целей дорожно-климатического районирования / В. Н. Ефименко, С. В. Ефименко, М. В. Бадина, А. В. Сухоруков // *Вестник СибАДИ*. – 2014. – № 6 (40). – С. 79-86.

9. Ефименко С.В. Учет особенностей природно-климатических условий при дорожно-климатическом районировании Западной Сибири / С.В. Ефименко, М.В. Бадина // *Вестник ТГАСУ*. – 2015. – №2. – С. 204-213.

10. Ярмолинский А. И. *Автомобильные дороги Дальнего Востока. Опыт проектирования и эксплуатации* / А.И. Ярмолинский. – М.: Транспорт, 1994. – 141 с.

11. Морина О.М. К вопросу дорожно-климатического районирования Хабаровского края и ЕАО по динамике температур воздуха и почвы / О.М. Морина // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. – 2006. – № 21. – С. 1-23.

12. Schiffer, H.-W. Europe's road to a sustainable energy-supply system / H.-W. Schiffer // *Energy and Environment*. – 2015. – 26 (1-2), pp. 111-126.

13. Sanchez, A.X. Use of contract models to improve environmental outcomes in transport infrastructure construction / A.X. Sanchez, L.M. Lehtiranta, K.D. Hampson // *Journal of Environmental Planning and Management*. – 2014.

THE NEED OF ACTUALIZATION OF ROAD AND CLIMATIC ZONING OF THE FAR EAST'S SOUTH

R. S. Fedyuk, P. G. Kozlov,
A.V. Mochalov, A.M. Timokhin

Abstract. The article dwells on the research of climatic conditions affecting the formation of water and thermal regime of roadbed's soils of automobile roads on the territory of the Far East's south. The authors have identified connections and regularities of changing

climatic conditions, determining the distribution of geocomplexes' signs within the borders of road and climatic zones. The authors have identified the discrepancies in the territorial division of road and climatic zones, rather tentatively identified in the existing standards of road engineering. Considering the factors of zonal, intrazonal and regional character on the territory of research there are marked the border lines of road-climatic zones.

Keywords: automobile road, road-climatic zoning, climate, relief, south of the Far East, soil.

References

1. 1. Efimenko, V. Application of information systems in road-climatic zoning / V. Efimenko, S. Efimenko, A. Sukhorukov, A. Yankovskaya // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2015. – 71 (1).

2. Yankovskaya, A. Structurization of data and knowledge for the information technology of road-climatic zoning / A. Yankovskaya, S. Efimenko, D. Cherepanov // *Applied Mechanics and Materials*. – 2014. – 682, pp. 561-566.

3. Sil'janov V.V. *Transportno-jekspluatacionnye kachestva avtomobil'nyh dorog* [Transport and operational qualities of automobile roads]. Moscow, Transport, 1984. 287 p.

4. Vasil'ev A.P., Jakovlev Ju.M., Koganzon M.S. *Principy prognozirovaniya transportno-jekspluatacionnogo sostojanija dorog* [Principles of forecasting transport and operational road condition]. *Avtomobil'nye dorogi*, 1993, no 1. pp. 8-10.

5. CNIP 2.05.02-85*. *Avtomobil'nye dorogi*. Moscow, 2004.

6. Kadyrova A.G. Ob analize odnorodnosti klimatologicheskikh rjadov oblachnosti [On the analysis of uniformity of cloudiness' climatological rows]. *Trudy GGO*, 1986. Vyp. 501. pp. 60-65.

7. Fedjuk R.S. Racional'noe ispol'zovanie klimata juga Dal'nego Vostoka pri proektirovanii zdaniy. Resursojeffektivnym tehnologijam – jenergiju i jentuziazm molodyh. [Rational use of climate of the Far East's south at design of buildings]. *Sbornik nauchnyh trudov V Vserossijskoj konferencii studentov Jelitnogo tehničeskogo obrazovanija*, 2014. pp. 34-36.

8. Efimenko V.N., Efimenko S. V., Badina M. V., Suhorukov A.V. Uchjot regional'nyh prirodno-klimaticheskikh uslovij pri formirovanii informacionnoj bazy dlja celej dorozhno-klimaticheskogo rajonirovanija [Accounting of regional climatic conditions when forming informational base for the purposes of road and climatic zoning]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 6 (40). pp. 79-86.

9. Efimenko S.V., Badina M.V. Uchet osobennostej prirodno-klimaticheskikh uslovij pri dorozhno-klimaticheskom rajonirovanii Zapadnoj Sibiri [Accounting of features of climatic conditions at road and climatic zoning of Western Siberia]. *Vestnik TGASU*, 2015, no 2. pp. 204-213.

10. Jarmolinskij A. I. *Avtomobil'nye dorogi Dal'nego Vostoka. Opyt proektirovanija i jekspluatacii* [Automobile

roads of the Far East. Experience of design and operation]. Moscow, Transport, 1994. 141 p.

11. Morina O.M. K voprosu dorozhno-klimaticheskogo rajonirovanija Habarovskogo kraja i EAO po dinamike temperatur vozduha i pochvy [To a question of road and climatic zoning of the Khabarovsk territory and Jewish Autonomous Oblast on dynamics of air and soil temperatures]. *Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2006, no 21. pp. 1-23.

12. Schiffer H.-W. Europe's road to a sustainable energy-supply system / H.-W. Schiffer // *Energy and Environment*. 2015. - 26 (1-2), pp. 111-126.

13. Sanchez, A.X. Use of contract models to improve environmental outcomes in transport infrastructure construction / A.X. Sanchez, L.M. Lehtiranta, K.D. Hampson // *Journal of Environmental Planning and Management*. 2014.

Федюк Роман Сергеевич (Россия г. Владивосток) – старший преподаватель учебного военного центра ФГАОУ ВПО «ДВФУ» (690000, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 20, e-mail: roman44@iyandex.ru).

Козлов Павел Геннадьевич (Россия г. Владивосток) – преподаватель учебного военного центра ФГАОУ ВПО «ДВФУ» (690000, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 20, e-mail: roman44@iyandex.ru).

Мочалов Александр Викторович (Россия г. Владивосток) – начальник учебной части – заместитель начальника учебного военного

центра ФГАОУ ВПО «ДВФУ» (690000, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 20, e-mail: roman44@iyandex.ru).

Тимохин Андрей Михайлович (Россия г. Владивосток) – начальник отдела подготовки инженерных войск учебного военного центра ФГАОУ ВПО «ДВФУ» (690000, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 20, e-mail: roman44@iyandex.ru).

Fedyuk Roman Sergeevich (Russian Federation, Vladivostok) – senior lecturer of the Military Training Center, Far Eastern Federal University (690000, Russkiy Island, 20 Ayax, Vladdivostok, e-mail: roman44@iyandex.ru).

Kozlov Pavel Gennadiyevich (Russian Federation, Vladivostok) – lecturer of the Military Training Center, Far Eastern Federal University (690000, Russkiy Island, 20 Ayax, Vladdivostok, Russian Federation, e-mail: roman44@iyandex.ru).

Mochalov Aleksandr Viktorovich (Russian Federation, Vladivostok) – head of the training unit of the Military Training Center, Far Eastern Federal University (690000, Russkiy Island, 20 Ayax, Vladdivostok, e-mail: roman44@iyandex.ru).

Andrey M. Timokhin (Russian Federation, Vladivostok) – head of the department of training engineering troops of Military Training Center, Far Eastern Federal University (690000, island Russkiy, Vladivostok, Ayax village, 20, e-mail: roman44@iyandex.ru).

УДК 624.13

АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЛУБОКИХ ФУНДАМЕНТОВ И ТРЕЩИНОВАТЫХ СКАЛЬНЫХ МАССИВОВ ПРИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ НАГРУЗКАХ

И.Н. Хохлов

ФГБОУ ВПО «МГСУ», Россия, г. Москва.

Аннотация. Данная статья рассматривает основные факторы, влияющие на несущую способность и перемещения свай в скальных грунтах при горизонтальных нагрузках. Перечислены основные методы расчета свай на горизонтальную нагрузку: аналитические, эмпирические, численные методы. На сегодняшний день численные методы расчета, позволяющие учесть множество факторов, влияющих на работу свай, являются наиболее эффективными при расчете свай в скальном грунте на горизонтальную нагрузку. Предложенная методика расчета, основанная на применении численных методов и метода планирования эксперимента, позволяет вычислить несущую способность и деформации свай с учетом основных факторов, влияющих на работу свай в скальном массиве. При использовании предложенной методики, решения могут быть получены как аналитическим способом (при решении параметрических уравнений), так и графическим (используя номограммы), что существенно облегчает выбор конструктивных параметров свай на предварительной стадии проектирования.

Ключевые слова: свай в скальных грунтах, методы расчета, численное моделирование, метод планирования экспериментов, несущая способность.

Введение

Расчет глубоких фундаментов (свай), устраиваемых в скальных грунтах на вертикальные и горизонтальные нагрузки изучен недостаточно, а в нашей стране практически не изучался. Стоит сказать, что в действующем СП имеется лишь один параграф, касающийся расчета свай на вертикальную нагрузку. При этом предложенная формула для расчета несущей способности на вертикальную нагрузку с учетом показателя RQD дает заниженные результаты [1]. При анализе нормативной и специальной литературы отечественных авторов можно сделать вывод о том, что основным методом расчета свай на горизонтальные нагрузки является винклеровская модель балки на упругом или упруго-пластическом основании [2],[3]. При этом практически не рассмотрены вопросы учета различных факторов, влияющих на напряженно-деформируемое состояние свай в скальном грунте.

Основные факторы, влияющие на работу свай в скальных грунтах при горизонтальных нагрузках

Характер взаимодействия свай с массивом скального грунта определяется влиянием множества факторов, изучением которых занимались как в лабораторных условиях, так и при испытаниях натуральных свай [4],[5],[6]. В лабораторных исследованиях изучались модели свай для определения факторов, влияющих на сопротивление сдвигу вдоль контакта поверхности свай и скального массива. В полевых исследованиях проводились измерения несущей способности свай, напряжения в глубине скального массива, деформации свай. Исследования проводились на сваях, между которыми устанавливался домкрат. Для измерения напряжений в грунте проводили тесты по методу Остерберга. Инклинометрами и деформометрами различного типа измерялись перемещения свай. Методом конечных элементов изучалось влияние на несущую способность и перемещения свай соотношения между длиной её заглублённой части и диаметром, а также отношения модулей упругости бетона и скального массива, как вокруг свай, так и под её концом. В 1999 году Вакаи [7] представил пространственную конечноэлементную модель свай и окружающего грунтового массива. Массив грунта задавался упруго-пластической моделью, свая задавалась упругой линейной моделью. В 2002 году

Уоллес [8] представил пространственную модель свай, имитирующую полевые испытания, где грунт был задан по модели Кулона-Мора.

Результаты выполненных исследований позволили установить факторы, существенно влияющие, как на несущую способность заглублённых в скальный грунт свай, так и на их перемещения. К этим факторам относятся: отношение заглублённой части свай к её диаметру (L/d); соотношение модулей упругости бетона и скального массива; прочность скального массива вокруг и под нижним концом свай; шероховатость стенок скважины; наличие на дне скважины под концом свай образовавшейся при бурении скважины горной массы и другого мусора; слоистость скального массива, если слои имеют различную прочность и модули упругости; ползучесть скальных пород в зоне контакта бетона со скальным массивом, приводящая к увеличивающимся во времени осадкам свай.

При этом факторами, оказывающими наибольшее влияние на несущую способность свай являются: соотношение модуля упругости бетона и скальной отдельности ($\frac{E_b}{E_r}$), трещиноватость скального массива и соотношение длины и диаметра свай.

Постановка задачи определения несущей способности и деформаций свай в скальном грунте при горизонтальных нагрузках

Как известно, для определения несущей способности свай возможно проводить полевые испытания натуральных свай или пользоваться одной из известных методик расчета. Полевые испытания натуральных свай в скальных грунтах довольно дорогостоящи и не всегда позволяют определить оптимальные конструктивные параметры свайного фундамента. Что касается существующих расчетных методик, то среди них выделяют следующие: аналитические (не учитывают многообразие факторов, влияющих на работу свай под нагрузкой); эмпирические (основанные на обработке множества натуральных испытаний, поэтому ограничены в применении для конкретных геологических условий); численные методы (позволяющие учесть множество факторов, влияющих на работу свай и не требующих обработки большого числа опытных данных).

При этом стоит отметить, что несмотря на явные преимущества по сравнению с

аналитическими и эмпирическими методами, численные методы обладают существенным недостатком – они позволяют получить единственное решение, из которого невозможно вывести закономерности взаимодействия системы «свая-скальный массив». Используя метод планирования эксперимента (МПЭ), и обрабатывая с его помощью данные численного моделирования, возможно получить уравнение несущей способности и деформаций свай в скальном грунте. Суть МПЭ заключается в организации, проведении и обработке опытных данных, позволяющих очертить область варьируемых факторов, в которых будет исследоваться зависимость – матрицу планирования эксперимента. В матрице планирования эксперимента четко

указаны количество опытов и значений факторов, на основании чего можно получить «отклики» – значения функции, соответствующее конкретному сочетанию факторов. После обработки «откликов» возможно получить параметрическое уравнение, которое может быть использовано для отыскания значений функции в любой точке факторного пространства при произвольном задании их значений.

Для решения задачи совместного деформирования сваи и массива скального грунта, а также определения предельной допустимой нагрузки на сваю (несущей способности), была составлена серия численных моделей в соответствии с планом эксперимента (таблица 1).

Таблица 1 – Матрица планирования эксперимента

Номер опыта	Факторы в натуральном масштабе			Факторы в безразмерной системе координат				Характеристики скального массива			
	$\frac{E_b}{E_r}$	RQD, %	$\frac{L_p}{D_p}$	X_0	X_1	X_2	X_3	E_r , МПа	E_m , МПа	c_m , МПА	φ_m , град.
1	0,5	25	2,5	+1	-1	-1	-1	50000	2000	2,8	30
2	5	25	2,5	+1	+1	-1	-1	5000	200	0,44	26
3	0,5	75	2,5	+1	-1	+1	-1	50000	15000	4,5	36
4	5	75	2,5	+1	+1	+1	-1	5000	1500	0,71	30
5	0,5	25	10	+1	-1	-1	+1	50000	2000	2,8	30
6	5	25	10	+1	+1	-1	+1	5000	200	0,44	26
7	0,5	75	10	+1	-1	+1	+1	50000	15000	4,5	36
8	5	75	10	+1	+1	+1	+1	5000	1500	0,71	30
9	2,75	50	6,25	0	0	0	0	27500	1870	2,1	30

Сваи моделировались восьмиузловыми конечными элементами. В качестве модели материала использовалась упругая модель. Скальный массив также задавался восьмиузловыми конечными элементами по модели Мора-Кулона. Граничные условия задавались стандартным способом – боковые и нижняя грани расчетной модели закреплялись от перемещений. Выбор расстояния от центра сваи до боковых граней расчетной модели были выполнены на

основании данных моделирования, выполненного Уоллесом [8]. Оптимальное расстояние до края расчетной области составляет 11 диаметров сваи, под сваей рекомендуется задавать 0,7 длины сваи. Расчетная модель сваи представлена на рисунке 1. Для решения поставленной задачи использовался программно-вычислительный комплекс Z-Soil, основанный на методе конечных элементов.

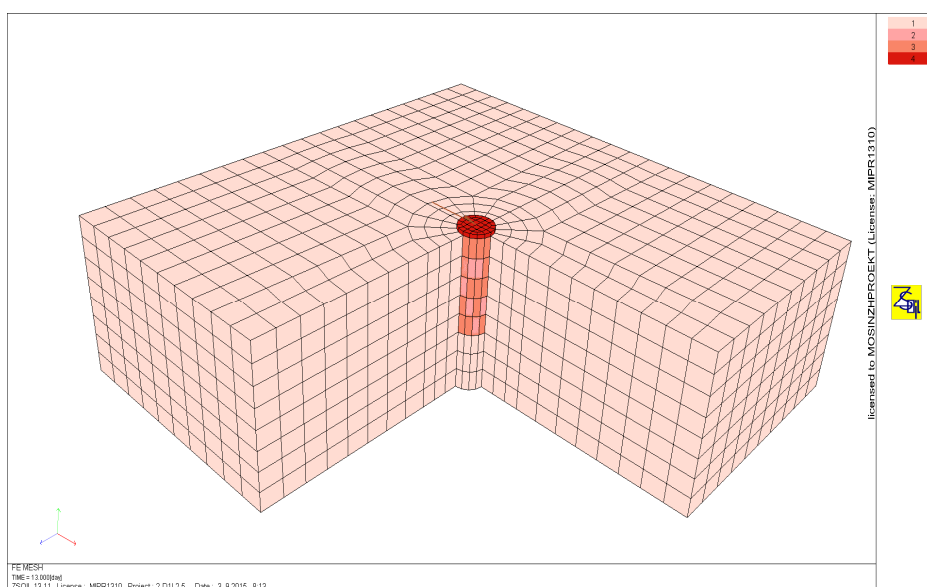


Рис. 1. Пространственная модель сваи (четверть не показана)

«Жесткая» и «гибкая» схемы деформаций свай в скальном массиве и их связь с несущей способностью свай при горизонтальных нагрузках

На вопрос о том, что считать несущей способностью свай в скальном грунте при действии горизонтальной нагрузки, нельзя ответить однозначно, так как существует два случая, при которых наступает предельное состояние в системе «свая-грунт». В первом случае, при недостаточно глубокой заделке сваи, происходит разрушение скального грунта впереди сваи и в нижней части (со стороны приложения нагрузки). В этом случае

свая имеет возможность перемещаться в грунте, не имея заделки, и такие сваи называют «жесткими». Во втором случае - «гибкие» сваи, имея достаточное заглубление в грунт, не имеют возможности свободного поворота в грунте и воспринимают большую часть нагрузки стволом сваи. При этом на грунт оказывается меньшее давление. Таким образом, предельное состояние такой системы определяется предельными внутренними усилиями в стволе сваи, которые наступают значительно раньше, чем горизонтальное напряжение в грунте превысит предел прочности.

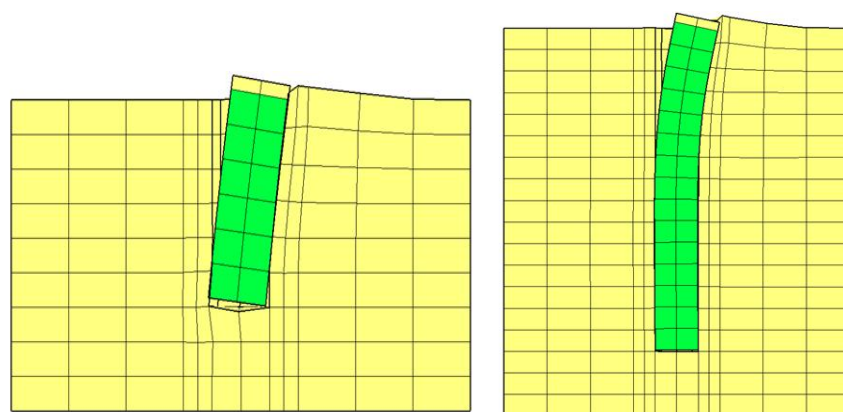


Рис. 2. «Жесткая» (слева) и «гибкая» (справа) схемы работы свай

В рассмотренных моделях свай различных длин и диаметров при приложении горизонтальной нагрузки на сваю наблюдалось увеличение горизонтальных напряжений по фронту сваи с ростом нагрузки. При определенном значении

нагрузок значение горизонтального напряжения превышало предел прочности грунта на сжатие. Очертания зоны предельного напряжения в массиве скального грунта перед сваем показано на рисунке 3. Нагрузка, при которой в грунте образуется

зона предельных напряжений, принималось в качестве максимально возможной нагрузки на сваю. Соответствующие данному нагружению внутренние усилия в свае фиксировались и ставились в соответствие приложенной нагрузке. При этом изгибающие моменты в стволе сваи и напряжения в окружающем

массиве скального грунта определялись на стадии упругих и пластических деформаций, что позволило вывести закономерность увеличения внутренних усилий и определить момент разрушения как материала сваи, так и окружающего сваю грунта.

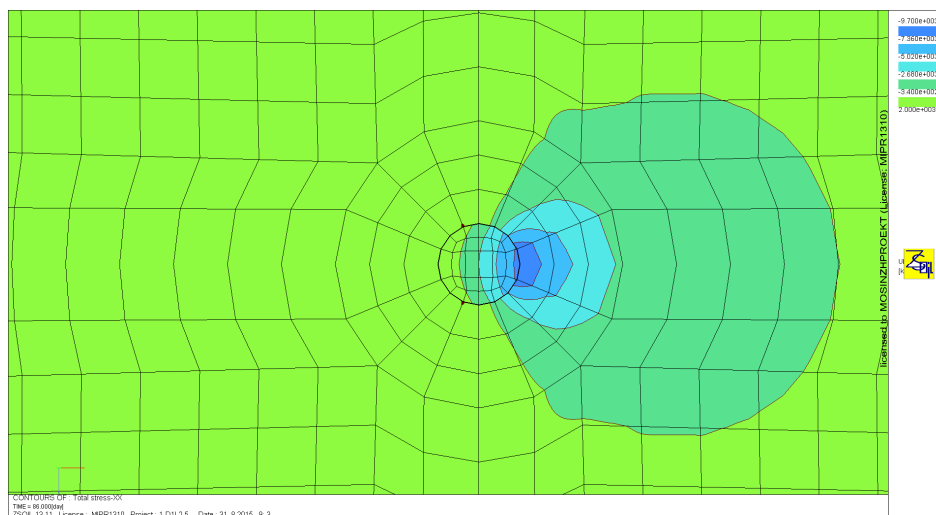


Рис. 3. Образование зоны предельного горизонтального напряжения в грунтовом массиве

Рассматривая кривые деформирования сваи под нагрузкой, возможно выделить два участка: прямой – линейные деформации и

участок нелинейных деформаций, где имеют развитие в грунте пластические зоны (рис.4).

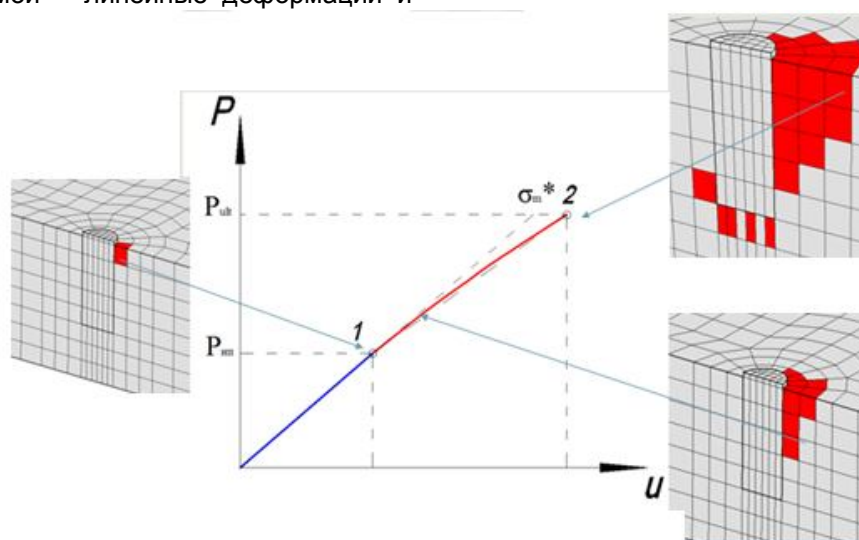


Рис. 4. Кривая деформирования сваи

Учет наличия трещин в скальном массиве при численном моделировании

Важной особенностью расчета взаимодействия сваи и массива скального грунта, является учет наличия систем трещин и масштабного фактора. В настоящее время в нашей стране отсутствуют качественно-количественные классификационные

системы, которые позволили бы учесть данные особенности в расчетах. Для характеристики трещиноватости использовался показатель RQD, который позволяет, основываясь на исследованиях Чанга [9], определить модуль деформации массива (рис. 5).

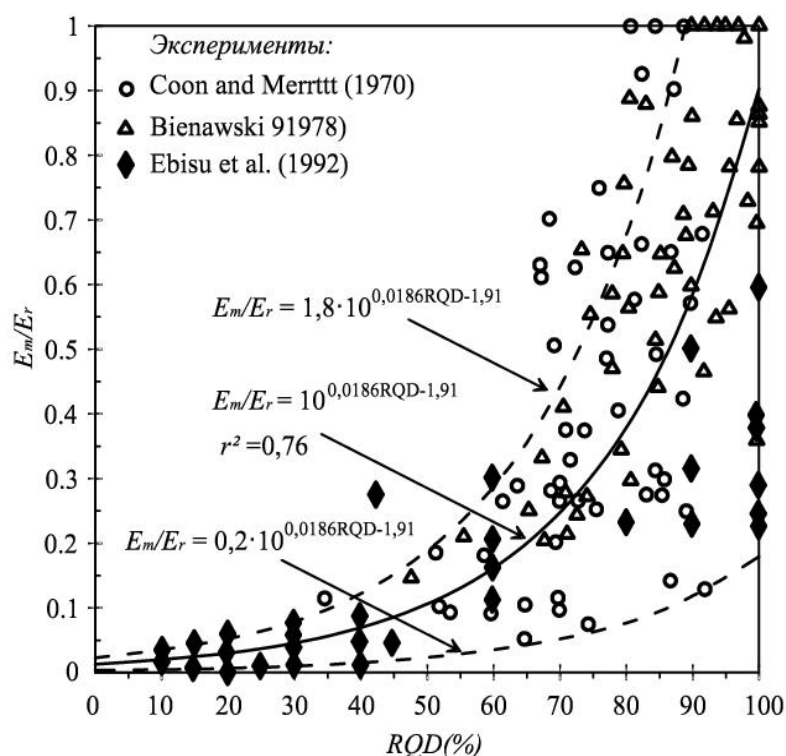


Рис. 5. График зависимости E_m/E_r как функция от RQD (Zhang, 2000)

Обработка результатов моделирования и получение уравнений несущей способности и горизонтальных перемещений сваи

Проведя серию расчетов пространственных конечноэлементных моделей, и обработав их по правилам метода

планирования эксперимента, были получены уравнения регрессии, которые позволяют при любой комбинации факторов рассчитывать несущую способность сваи.

Нагрузка на сваю (несущая способность по грунту):

$$\begin{aligned}
 P_{ult} = & 6543,75 - 4406,25 \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r - 2,25} \right) + 931,25 \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) + 493,75 \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p - 3,75} \right) - 618,75 \\
 & \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r - 2,25} \right) \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) - 56,25 \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r - 2,25} \right) \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p - 3,75} \right) - 243,75 \\
 & \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p - 3,75} \right) + 106,25 \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r - 2,25} \right) \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p - 3,75} \right)
 \end{aligned}$$

Отклонение головы сваи в уровне поверхности грунта, соответствующее предельному напряжению:

$$\begin{aligned}
 U_{ult} = & 10,84 + 0,97 \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r} \right) \cdot \left(\frac{RQD - 50}{2,25} \right) - 6,01 \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) + 1,46 \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p} \right) - 0,805 \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r} \right) \\
 & \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) + 0,22 \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r} \right) \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p} \right) - 0,815 \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p} \right) \\
 & - 0,08 \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r} \right) \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p} \right)
 \end{aligned}$$

Изгибающий момент в стволе сваи, соответствующий предельному напряжению:

$$\begin{aligned}
 M_{ult} = & 2095,625 - 989,375 \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r} \right) - 265,625 \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) + 530,375 \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p} \right) + 158,375 \\
 & \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r} \right) \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) + 32,375 \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r} \right) \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p} \right) - 327,375 \\
 & \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p} \right) + 93,625 \cdot \left(\frac{E_b - 2,75}{E_r} \right) \cdot \left(\frac{RQD - 50}{25} \right) \cdot \left(\frac{L_p - 6,25}{D_p} \right)
 \end{aligned}$$

Однако, следует отметить, что полученные уравнения регрессии громоздкие и таким образом их эффективное использование возможно лишь при наличии специальных программ типа Excel. Для

упрощения использования данных уравнений были построены номограммы, использование которых позволяет оценить несущую способность и предельные деформации сваи на стадии предварительного расчета (рис.6).

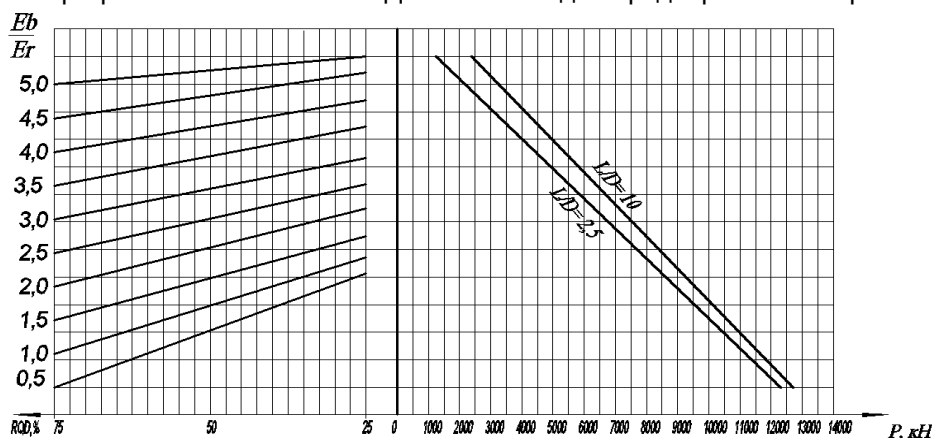


Рис. 6. Номограмма несущей способности сваи по грунту

Заключение

Необходимо отметить, что представленная методика, учитывающая влияние нескольких факторов, позволяет при минимальном

количестве исходных данных (только прочность скальной отдельности и трещиноватость массива, выраженная показателем RQD) производить предварительные расчеты

несущей способности и деформаций свай в скальном грунте при горизонтальных нагрузках. Дальнейшее развитие данной методики в увязке с аналогичными исследованиями при вертикальных нагрузках, позволит производить всесторонний комплексный анализ работы свай в скальном грунте и их рациональное конструирование (подбор длины, диаметра, технологии устройства, армирования и пр.). Учитывая широкое применение свайных фундаментов в транспортных сооружениях в связи с их относительно высокой несущей способностью и скоростью устройства, разработанная методика может существенно облегчить задачу проектирования и расчета подобных конструкций.

Библиографический список

1. СП 24.13330.2011: Свайные фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85. – М.: Минрегион России, 2010. – С. 16, 71-74.
2. Зерцалов, М.Г. О расчете свай в скальных грунтах / М.Г. Зерцалов, Д.С. Конюхов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2007. – №1. – С. 14-16.
3. Федоровский, В.Г. Сваи в гидротехническом строительстве / В.Г. Федоровский, С.Н. Левачев, С.В. Курилло, Ю.М. Колесников. – М.: Издательство «АСВ», 2003. – 238 с.
4. US department of transportation. Drilled shafts: construction procedures and design methods // Publication No FHWA-IF-99-025, August 1999. 789 p.
5. The government of the Hong-Kong special administrative region. Foundation design and construction // GEO Publication No 1/2006. 376 p.
6. Transportation research board executive committee. Rock-socketed shafts for highway structure foundations // NCHRP Synthesis 360, Washington, D.C., 2006. 145 p.
7. Wakai A., Gose, S., Ugai, K. 3-D elasto-plastic finite element analyses of pile foundations subjecte to lateral loading. Soils and Foundations, Vol.39, No.1, pp. 97-111.
8. Wallace J.W. et al. Cyclic large deflection testing of shaft bridges part II: analytical studies. Report from California Dept. of Transportation, 2002. 230 p.
9. Zhang L. Drilled shafts in rock. Analysis and desig // A.A. Balkema publishers, 2004. 383 p.

ANALYSIS OF INTERACTION OF THE DEEP BASES AND JOINTED ROCKY MASSIFS AT HORIZONTAL LOADINGS

I.N. Khokhlov

Abstract. This article considers the main factors affecting the bearing capacity and displacement of piles in rock under horizontal loads. The main methods for calculation of piles for horizontal loading are: analytical, empirical, numerical methods. Today, numerical methods of calculation that take into account many factors affecting on piles, are the most

effective in the calculation of piles in rock under horizontal loads. The method of calculation, based on the application of numerical methods and the method of experiment planning, allows us to calculate the bearing capacity and deformation of piles taking into account the main factors influencing on piles in rock. When using the proposed method, solutions can be obtained by analytical method (when solving parametric equations) and graphical (using nomograms), which greatly facilitates the choice of the design parameters of the piles at the preliminary design stage.

Keywords: piles in rock, calculation methods, numerical model, experimental design method, bearing capacity.

References

1. SP 24.13330.2011: *Svajnye fundamenty. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.02.03-85* [SP 24.13330.2011: Pile bases. The staticized edition Construction Norms and Regulations 2.02.03-85]. Moscow, Minregion Rossii, 2010. p. 16, 71-74.
2. Zercalov M.G., Konjuhov D.S. O raschete svaj v skal'nyh gruntah [About calculation of piles in rocky soil]. *Osnovaniya, fundamenty i mehanika gruntov*, 2007, no 1. pp. 14-16.
3. Fedorovskij V.G., Levachev S.N., Kurillo S.V., Kolesnikov Ju.M. Svai v gidrotehnicheskom stroitel'stve [Piles in hydrotechnical construction]. Moscow, Izdatel'stvo «ASV», 2003. 238 p.
10. US department of transportation. Drilled shafts: construction procedures and design methods // Publication No FHWA-IF-99-025, August 1999. 789 p.
11. The government of the Hong-Kong special administrative region. Foundation design and construction // GEO Publication No 1/2006. 376 p.
12. Transportation research board executive committee. Rock-socketed shafts for highway structure foundations // NCHRP Synthesis 360, Washington, D.C., 2006. 145 p.
13. Wakai A., Gose, S., Ugai, K. 3-D elasto-plastic finite element analyses of pile foundations subjecte to lateral loading. *Soils and Foundations*, Vol.39, No.1, pp. 97-111.
14. Wallace J.W. et al. Cyclic large deflection testing of shaft bridges part II: analytical studies. Report from California Dept. of Transportation, 2002. 230 p.
15. Zhang L. Drilled shafts in rock. Analysis and desig // A.A. Balkema publishers, 2004. 383 p.

Хохлов Иван Николаевич (Россия, г. Москва) – аспирант кафедры «Механики грунтов и геотехники», Московский государственный строительный университет (ФГБОУ ВПО «МГСУ») (129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, i.khokhloff2015@yandex.ru).

Khokhlov Ivan Nickolaevich (Russian Federation, Moscow) – postgraduate student, department of «Soil Mechanics and Geotechnics», Moscow State University of Civil Engineering (MGSU) (129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse26, e-mail: i.khokhloff2015@yandex.ru).

РАЗДЕЛ III

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 614.84

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПОЖАРА НА ОБЪЕКТАХ ХРАНЕНИЯ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ И ВООРУЖЕНИЯ

А.Л. Ахтулов¹, Л.Н. Ахтулова¹, А.Е. Любаков¹, Л.А. Иванова²

¹Омский государственный университет путей сообщения, Омск, Россия;

²Омский государственный технический университет, Омск, Россия.

Аннотация. В статье рассмотрены основные модели пожара, позволяющие оценить влияние опасных факторов пожара: интегральная модель; дифференциальная (полевая) модель. Предложен алгоритм последовательно-одиночного размещения для комплектования сложной структуры системы пожарной безопасности объекта. Представлен расчет развития опасных факторов пожара во времени при горении твердотопливного заряда, оценка значений основных характеристик. Результаты показали хорошее совпадение экспериментальных и теоретических исследований.

Ключевые слова: вооружение и военная техника, твердотопливный заряд, горение, математическая модель пожара, опасные факторы, начальная стадия пожара.

Введение

В настоящее время как в научных исследованиях, так и при расследовании пожаров широкое применение получили методы математического моделирования процессов горения [1-5]. Развитие теории математического моделирования описания горения связано с увеличением мощности вычислительной техники, что значительно сократило все виды ресурсов и обеспечило повышение точности описания объекта при моделировании. Одним из направлений математического моделирования при исследовании динамики пожара является создание алгоритмов тестирования элементов автоматической пожарной сигнализации [5-7]. Процесс натуральных испытаний достаточно опасен и всегда трудоемок, поэтому машинный эксперимент с использованием математических моделей более безопасен и требует меньших затрат.

В данной работе предлагаемое решение задачи математического моделирования позволяет получить динамику развития опасных факторов пожара при различных условиях машинного эксперимента. Как известно, к опасным факторам пожара, воздействующим на людей [8] и имущество, относятся [7,9]: пламя и искры; тепловой

поток; повышенная температура окружающей среды; повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения; пониженная концентрация кислорода и снижение видимости в дыму.

Процессы горения различных веществ имеют некоторые общие закономерности, однако, могут резко отличаться по динамике развития и по факторам пожара, поэтому для проведения огневых испытаний элементов автоматической пожарной сигнализации были утверждены несколько наиболее характерных моделей [6], с помощью которых и проводятся огневые испытания. Нормативные требования предусматривают шесть видов тестовых очагов пожара с разнообразными характеристиками [9].

Таким образом, цель данной работы заключается в построении математических моделей наиболее характерных очагов пожара, а также в выявлении характерных особенностей динамики развития пожара в начальной стадии.

Построение математической модели

Существует несколько основных моделей пожара используемых для прогнозирования процессов горения при пожарах [7]: интегральная модель; зонная модель и дифференциальная (полевая) модель.

Интегральная модель пожара позволяет получить информацию о средних значениях параметров среды в помещении для любого момента развития пожара. Зонная модель позволяет получить представление о размерах характерных зон, возникающих при пожаре в помещении, а также о средних параметрах состояния среды внутри этих зон. И наконец, полевая дифференциальная модель позволяет рассчитать для любого момента развития пожара значение всех локальных параметров состояния в любой точке пространства помещения. Рассматриваемые модели в математическом представлении характеризуются различными уровнями сложности. Наименее сложной и более простой по реализации является интегральная модель, но она обладает наименьшей точностью. Наиболее перспективной, с точки зрения практического применения является полевая модель горения, основанная на системе дифференциальных уравнений в частных производных [1]. В результате решения данной системы уравнений получены поля распределения температур, скоростей, концентраций компонентов газовой среды в каждый момент времени [4].

Предлагаемая программа FDS (Fire Dynamics Simulator) [5] реализует вычислительную гидродинамическую модель (CFD) тепломассопереноса при горении. FDS решает уравнения Навье-Стокса для низкоскоростных температурно-зависимых потоков [7]. Базовый алгоритм схемы данного уравнения для обеспечения достаточной точности по координатам и времени основывается на аппроксимации методом Эйлера с пересчетом, что представляет собой разновидность методов Рунге-Кутты. Турбулентность описывается алгебраической моделью, в которой динамический коэффициент турбулентной вязкости тепломассопереноса при горении определяется из уравнения

$$\mu = \rho \left(1 - e^{-\left(y^+/25\right)^2} \right) (C_s h)^2 \sqrt{\frac{1}{2} G}, \quad (1)$$

где величина G определяется выражением, параметр h по выражению $h = (\Delta x \Delta y \Delta z)^{1/3}$, $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ – размеры данной ячейки вдоль осей декартовой системы координат, C_s – модельный параметр, имеющий значение по умолчанию = 0,17.

Так как основной интерес представляет начальный момент возгорания, при котором должна срабатывать автоматическая система пожарной сигнализации приводит к своевременному выполнению системой своих целевых функций (эвакуация людей, эффективное пожаротушение). Это время относительно мало, и некоторые особенности пожара этого промежутка времени позволяют значительно упростить математическую модель. Главной особенностью этого процесса является отсутствие газообмена помещения с окружающей средой [7]. То есть, приток воздуха в помещение из окружающей среды отсутствует, и динамика начала горения определяется исключительно пожарной нагрузкой. Поэтому полевая модель пожара, использование которой предлагается, имеет ограничение по времени и действует исключительно в начальный момент возгорания, то есть пока нет притока воздуха в помещение, и выполняются ограничивающее условие [2]

$$\frac{F_{np} \sqrt{gH}}{V} \tau \leq 5, \quad (2)$$

где F_{np} – суммарная площадь открытых проемов, м², g – ускорение свободного падения, м·с⁻², H – высота проемов в помещении, м, V – объем помещения, м³.

При работе в программе FDS используется схема одноступенчатой химической реакции, при которой результаты передаются через двухпараметрическую модель доли в смеси, то есть определяются два основных параметра смеси: массовая доля несгоревшего и массовая доля выгоревшего вещества (т.е. продуктов сгорания). При этом, лучистый теплообмен учитывается в модели путем решения уравнения переноса излучения для серого газа и, для некоторых ограниченных случаев, с использованием широкого диапазона моделирования. Уравнение решается «методом конечных объемов» (FVM) [5], который аналогичен методу конечных объемов для конвективного переноса. Считается, что на всех твердых поверхностях заданы тепловые граничные условия и известны характеристики горючести материала. Тогда, тепло- и массоперенос с поверхности и обратно рассчитывается с помощью эмпирических соотношений, хотя применение прямого численного моделирования (DNS) [5] позволяет вычислить передачу тепла и массы напрямую.

Таким образом, основные уравнения реализуемой математической модели [3], можно представить в общем виде:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{u} p = \dot{m}_b^m; \quad (3)$$

$$\frac{\partial (\rho \mathbf{u})}{\partial t} + \nabla \cdot \rho \mathbf{u} \mathbf{u} + \nabla \cdot p = \rho \mathbf{g} + \mathbf{f}_b + \nabla \cdot \boldsymbol{\tau}_{ij}; \quad (4)$$

$$\frac{\partial (p h_s)}{\partial t} + \nabla \cdot p \mathbf{u}_s = \frac{Dp}{Dt} + \dot{q}^m - \dot{q}_b^m - \nabla \cdot \dot{q}^n + \varepsilon; \quad (5)$$

$$p = \frac{\rho R T}{W}, \quad (6)$$

где p - плотность, $\mathbf{u} = [u; v; w]^T$ - три компонента скорости капле (частиц),

$\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right)$, \dot{m}_b^m - скорость образования испаряющихся капле (частиц), \mathbf{g} - ускорение свободного падения, \mathbf{f}_b - параметр учитывающий внешние силы, действующие на капли (частицы),

$\boldsymbol{\tau}_{ij} = \mu \left(2S_{i,j} - \frac{2}{3} \delta_{i,j} (\nabla \cdot \mathbf{u}) \right)$, $\delta_{i,j} = \begin{cases} 1, i=j \\ 0, i \neq j \end{cases}$,

$$S_{i,j} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad i, j = 1, 2, 3, \quad h_s = \sum_a Y_a h_{s,a}$$

$h_{s,a}(\mathbf{T}) = \int_{T_0}^T c_{p,a}(\mathbf{T}') d\mathbf{T}'$ - энтальпия, \dot{q}_b^m - скорость тепловыделения в единичном объеме химической реакции, \dot{q}^m - энергия передаваемая от испаряющихся капле (частиц).

Экспериментальная проверка разработанных моделей и алгоритмов была оценена по результатам компьютерного моделирования пожара тестового очага горения ТП-6 [6,9], для которого принята начальная стадия горения твердотопливного заряда находящегося в одноэтажном помещении склада-арсенала (рис. 1а): При времени моделирования 600 с и начальной температуре 20°C выполнена оценка по задымленности после начала пожара через 100 с (рис. 1б) и температуре через 100 с (рис. 1в) и 300 с (рис. 1г) соответственно.

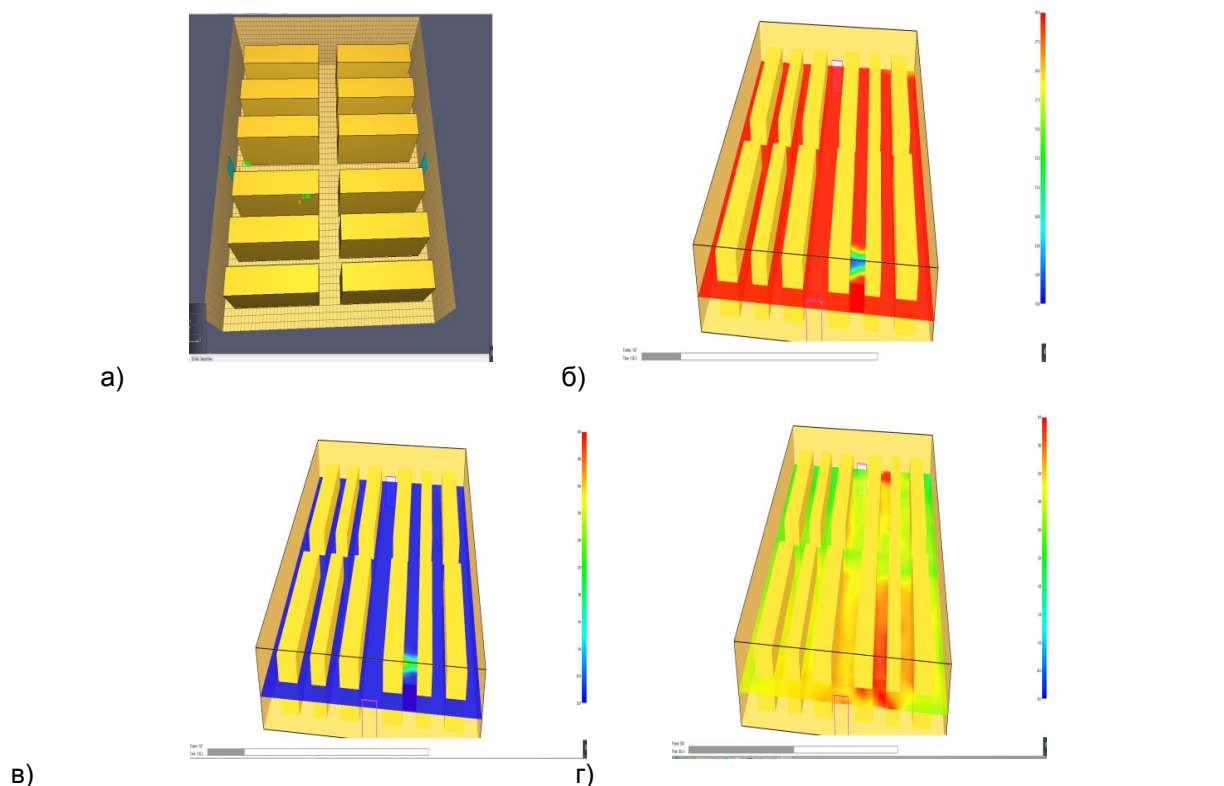


Рис. 1. Компьютерное моделирование объекта хранения: расчетная модель (а) задымленность через 100 с (б), температура через 100 с (в) и 300 с (г) в помещении на уровне +1,7 м

Развитие опасных факторов пожара во времени представлено на графиках (рис. 2-4). Как видно из графиков, потеря видимости,

вследствие задымления, первый импульс которого происходит через 2 минуты после начала пожара.

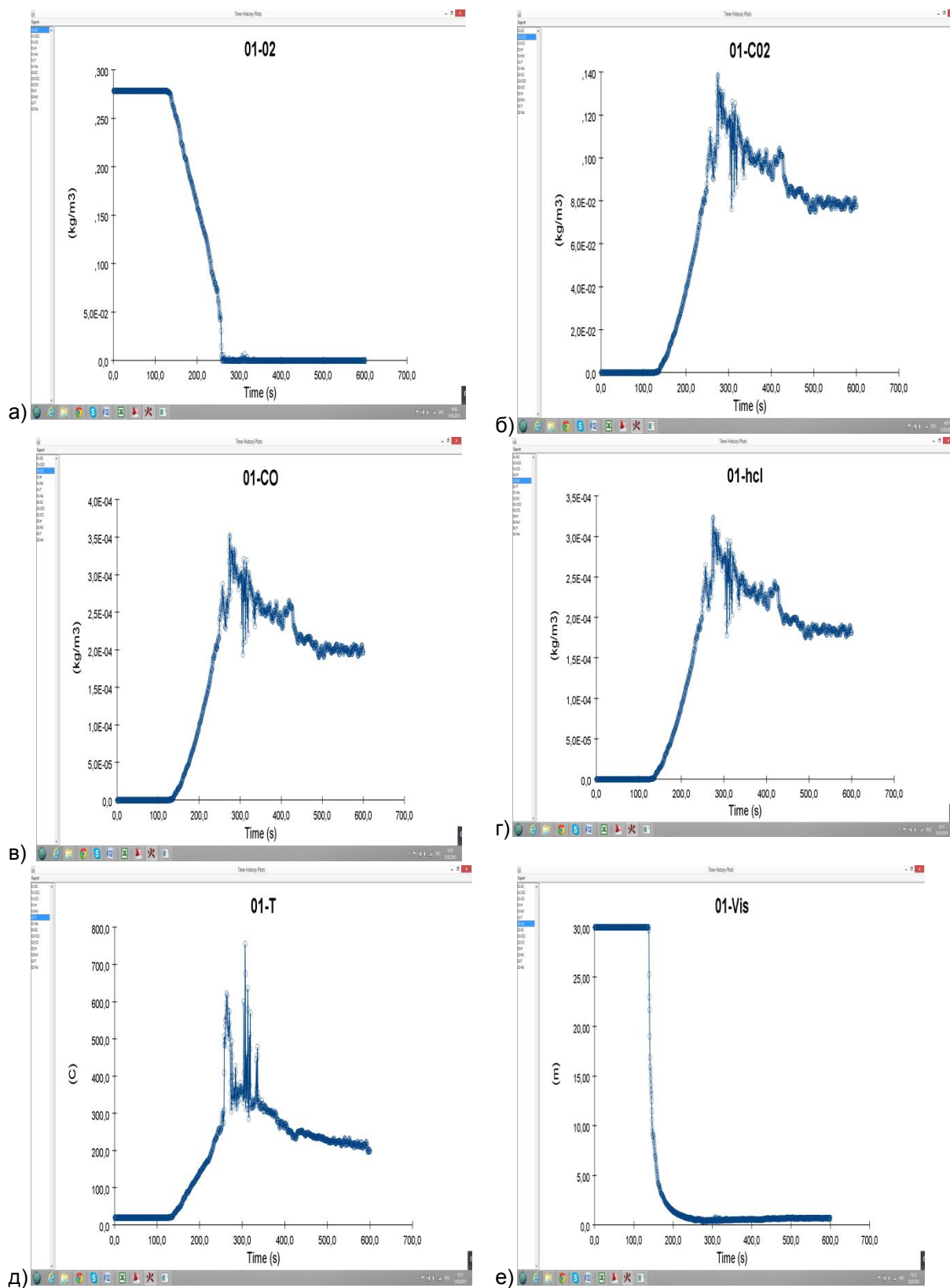


Рис. 2. Графики изменения содержания в помещении опасных факторов пожара на высоте +1,7 м:
 а – кислорода; б – углекислого газа; в – углерода; г – хлористого водорода;
 д – повышение температуры и е – потеря видимости

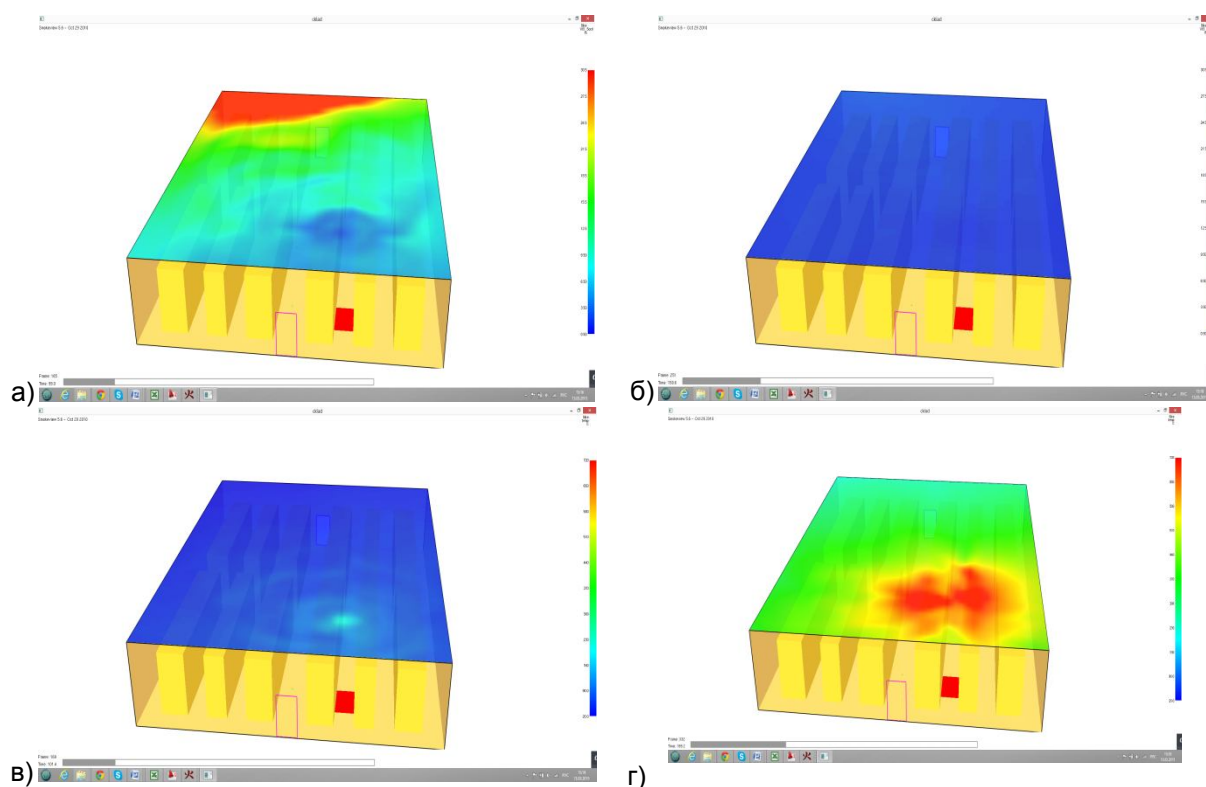


Рис. 3. Компьютерное моделирование для принятой модели задымленности через 100 с (а) и 150 с (б), температуры через 100 с (в) и 150 с (г) в помещении на уровне +4 м

Заключение

Из представленных расчетов можно отметить неоднородности распределения полей опасных факторов пожара в помещении пожара. Определить первый опасный фактор, по которому наступают критические значения для срабатывания автоматических систем противопожарной защиты. По расчетным значениям выбираем наиболее эффективную систему пожарной безопасности объекта.

Результаты математического моделирования динамики опасных факторов пожара, описанные в данной статье, с приемлемой точностью соотносятся с экспериментальными данными [10,11], что позволяет говорить об адекватности рассматриваемой математической модели в рамках описанных ограничений.

В работе для комплектования сложной структуры системы пожарной безопасности

объекта предложен алгоритм последовательно-одиночного размещения (рис.5), разработанной методики автоматизированного комплектования системы пожарной безопасности объекта [2], реализованного с использованием пакета прикладных программ.

По разработанным методикам была проведена оценка значений основных характеристик. Результаты показали хорошее совпадение экспериментальных и теоретических исследований, расхождение по параметрам составило 25...30%.

Таким образом, отмечается, что выявленные свойства системы позволяют рассчитывать основные характеристики по обычным выражениям теории горения, линеаризация которых составляет основу, предложенной в работе инженерной методики.

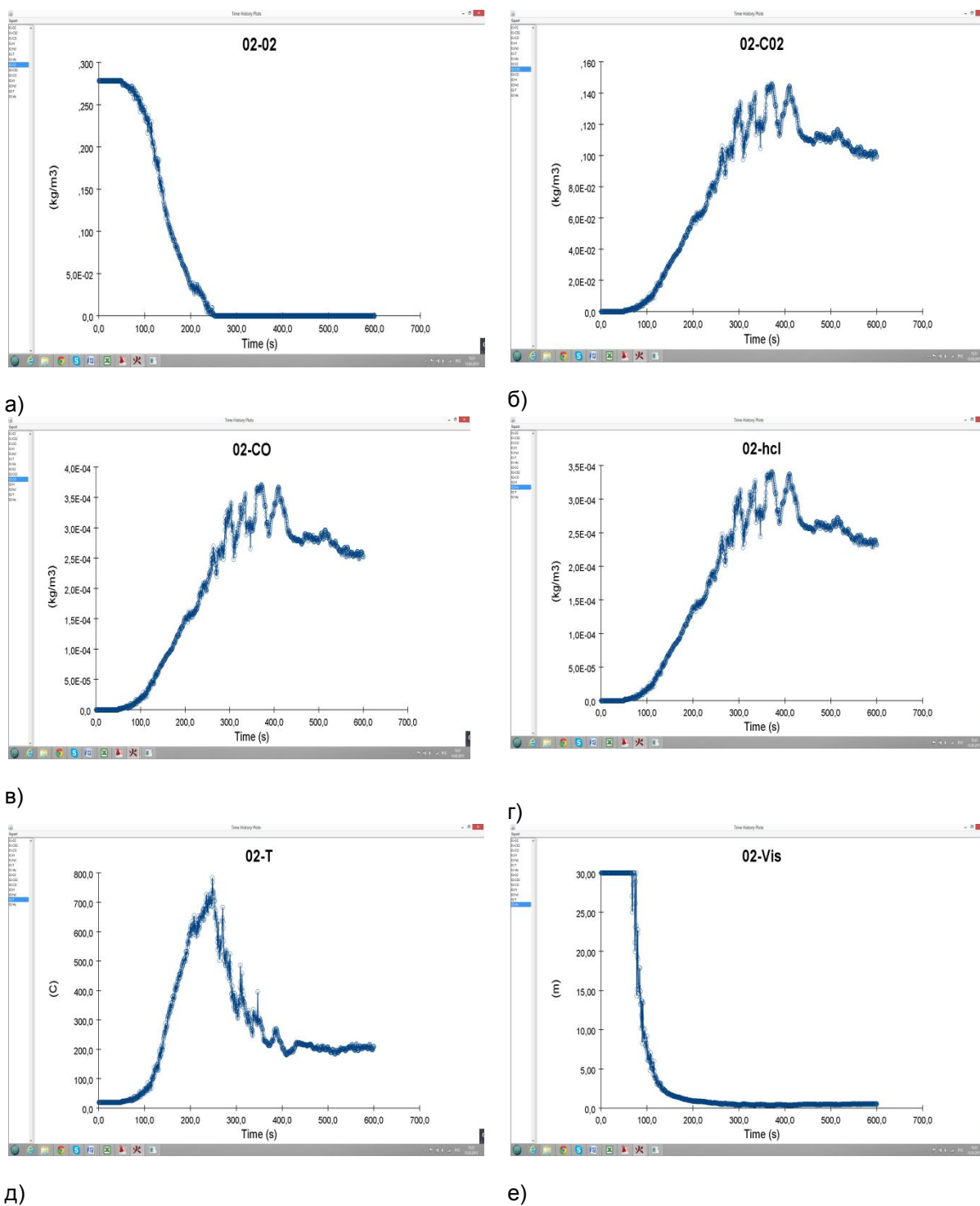


Рис. 4. Графики изменения содержания в помещении опасных факторов пожара на высоте +4 м:
 а – кислорода; б – углекислого газа; в – углерода; г – хлористого водорода;
 д – повышение температуры и е – потеря видимости

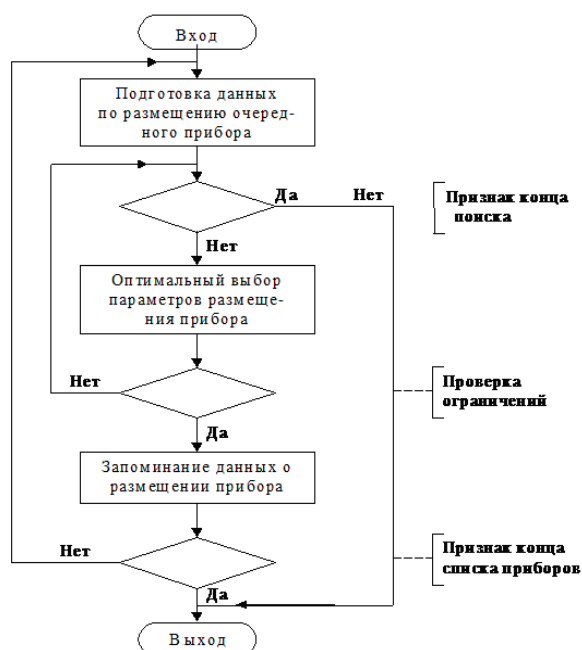


Рис. 5. Блок-схема алгоритма последовательно-одиночного размещения

Библиографический список

1. Пузач, С.В. Методы расчета тепломассообмена при пожаре в помещении и их применение при решении практических задач пожаровзрывобезопасности / С.В. Пузач. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2003. – 336 с.
2. Ахтулов, А.Л. Особенности построения при автоматизации проектирования систем пожаротушения на распределенных объектах / А.Л. Ахтулов, Л.Н. Ахтулова, Л.А. Иванова, А.Е. Любаков // Омский научный вестник. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. – № 3 (119). – С. 58-62
3. Ахтулов, А.Л. Особенности формирования систем предупреждения пожара на ранней стадии при создании экологической безопасности распределенного объекта [Текст] / А.Л. Ахтулов, Л.Н. Ахтулова, Л.А. Иванова, А.Е. Любаков // Омский ИжГТУ. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2015. – № 3 (67). – С.
4. Моделирование пожаров и взрывов / Под общ. ред. Н.Н. Брушлинского и А.Я. Корольченко. – М.: Познайка, 2000. – 482 с.
5. Fire Dynamics Simulator (Version 5). Technical Reference Guide. Volume 1: Mathematical Model. National Institute of Standards and Technology. U.S. Department of Commerce. October 29, 2010. [Электронный ресурс] - адрес доступа: http://service.rintd.ru/sites/default/files/docs/FDS_Technical_Reference_Guide.pdf (Дата обращения 25.08.2015 года)
6. ГОСТ Р 53325-2009. Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний [Электронный ресурс]. – М.: Стандартинформ, 2009. – 84 с. – адрес доступа:

http://www.infosait.ru/Pages_gost/48119.htm (Дата обращения 25.08.2015 года)

7. Кошмаров, Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие / Ю.А. Кошмаров. – М.: Академия ГПС МВД России, 2000. – 118 с.
8. Иванова, Л.А. Влияние ракетного топлива на организм человека на объектах его использования, хранения и утилизации [Текст] / Л.А. Иванова // Россия молодая: передовые технологии – в промышленность! – 2015. – С.
9. ГОСТ 27331-87 (СТ СЭВ 5637-86). Пожарная техника. Классификация пожаров [Электронный ресурс]. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 6 с. – адрес доступа: http://snipov.net/c_4702_snip_99029.html (Дата обращения 25.08.2015 года)
10. Шаровар, Ф.И. Принципы построения устройств и систем автоматической пожарной сигнализации / Ф.И. Шаровар. – М.: Стройиздат, 1983. – 355 с.
11. Синилов, В.Г. Системы охранной, пожарной и охранно-пожарной сигнализации / В.Г. Синилов. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 512 с.

MATHEMATICAL MODELING OF THE INITIAL STAGE OF A FIRE IN THE STORAGE OF MILITARY EQUIPMENT AND WEAPONS

A. L. Akhtulov, L. N. Akhtulova,
A. E. Lyubakov, L. A. Ivanova

Abstract. The article dwells on the basic models of a fire, allow to evaluate the influence of dangerous factors of fire: an integral model; differential (field) model. There was suggested an algorithm of a sequential and single occupancy for completing complex structure of an object's fire fighting system. There are presented the calculation of development of a fire's hazards in time during burning of propellant charge, the assessment of basic characteristics' values. The results have showed good agreement between the experimental and theoretical studies.

Keywords: weapons and military equipment, propellant charge, burning, mathematical model of a fire, hazards, initial stage.

References

1. Puzach S.V. *Metody rascheta tepломассообмена pri pozhare v pomeshenii i ih primeneniye pri reshenii prakticheskikh zadach pozharovzryvobezопасности* [Methods of calculating heatmass exchange at the fire in a room and their application for solution of practical problems of fire and explosion safety]. Moscow, Akademija GPS MChS Rossii, 2003. 336 p.
2. Ahtulov A.L., Ahtulova L.N., Ivanova L.A., Lyubakov A.E. *Osobennosti postroeniya pri avtomatizacii proektirovaniya sistem povzharotusheniya na raspredelennykh objektah* [Features of building computer-aided engineering systems of fire-fighting on distributed objects]. *Omskij*

nauchnyj vestnik, Omsk Izdatelstvo OmGTU 2013 no. 119 pp. 58-62

3. Ahtulov A.L., Ahtulova L.N., Ivanova L.A., Lyubakov A.E. Osobennosti formirovaniya sistem preduprezhdeniya požhara na rannej stadii pri sozdanii ehkologicheskoy bezopasnosti raspredelennogo obekta [Features of forming fire prevention systems on the initial stage when creating ecological safety of a distributed object]. *Vestnik IzhGTU Izhevsk*, Izdatelstvo IzhGTU 2015 no. 67

4. *Modelirovanie požharov i vzryvov* [Modeling of fires and explosions]. Pod obshh. red. N.N. Brushlinskogo i A.Ja. Korol'chenko. Moscow, Pozhnauka, 2000. 482 p.

5. Fire Dynamics Simulator Version 5 Technical Reference Guide Volume 1 Mathematical Model National Institute of Standards and Technology U S Department of Commerce October 29 2010

6. State standart R 53325 2009 Tekhnika požharnaya. Tekhnicheskie sredstva požharnoj avtomatiki. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya. Metody ispytaniy. [Fire engineering. Technical means of fire automatics. General technical requirements. Test methods.]

7. Koshmarov Y.A. Prognozirovanie opasnyh faktorov požhara v pomeshchenii [Prediction of fire hazards in a room] Moscow, Akademiya GPS MVD Rossii 2000 118 p.

8. Ivanova L.A. Vliyaniye raketnogo topliva na organism sheloveka na ob'ektah ego ispolzovaniya, hraneniya i utilizatsii [The impact of the rocket fuel on a human body on objects of its use, storage and disposal]. *Rossiya molodaiya: peredoviye tehnologii – v promishlennost!* 2015 p.

9. State standart 27331-87 (ST CEV 5637-86). Pozharnaya tekhnika. Klassifikatsiya pogarov [Fire fighting equipment. Classification of fires]

10. Sharovar F.I. *Principy postroeniya ustrojstv i sistem avtomaticheskoy požharnoj signalizatsii* [Principles of building automatic fire alarm systems and devices]. Moscow, Strojizdat, 1983. 355 p.

11. Sinilov V.G. *Sistemy ohranno, požharnoj i ohranno-požharnoj signalizatsii* [Security and fire alarm systems]. Moscow, Izdatel'skij centr «Akademija», 2010. 512 p.

Ахтулов Алексей Леонидович (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор, действительный член Международной академии авторов научных открытий и изобретений и Академии проблем качества, Почетный работник высшего профессионального образования, профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» ФГБОУ ВПО «ОмГУПС»

(644046, г. Омск, ул. Карла Маркса, 35; e-mail: ahtulov-al1949@yandex.ru).

Ахтулова Людмила Николаевна (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Экономика транспорта, логистика и управление качеством» ФГБОУ ВПО «ОмГУПС» (644046, г. Омск, ул. Карла Маркса, 35; e-mail: ahtulova.ludm@yandex.ru).

Иванова Людмила Алексеевна (Россия, Омск) – кандидат медицинских наук, доцент, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВПО «ОмГТУ» (644050, Омск, ул. Мира, 11, e-mail: ahtulova.ludm@yandex.ru).

Любаков Александр Евгеньевич (Россия, Омск) – аспирант, начальник Учебно-тренировочного комплекса ФГБОУ ДПО «Омский учебный центр федеральной противопожарной службы» (644047, Омск, ул. 5 Армии, 135 к.1, e-mail: ubakov@mail.ru).

Akhtulov Alexey Leonidovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, a member of the International Academy of authors of scientific discoveries and inventions and the Academy of quality problems, Honorary worker of higher professional education, Professor of the department "Cars and rolling stock" of OSTU (644046, Omsk, Karl Marx St., 35, e-mail: ahtulov-al1949@yandex.ru).

Akhtulova Lyudmila Nikolaevna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Economics of transport, logistics and quality management" of OSTU (644046, Omsk, Karl Marx St., 35 e-mail: ahtulova.ludm@yandex.ru).

Ivanova Lyudmila Alekseevna (Russian Federation, Omsk) – candidate of medical sciences, associate professor of the department "Health and safety" of The Omsk State Technical University (OmSTU) (644050, Omsk, Mira St., 11, e-mail: ahtulova.ludm@yandex.ru).

Lubakov Alexander Evgenievich (Russian Federation, Omsk) – graduate student, head of the Educational-training complex of Omsk training center of the federal fire-fighting service" (644047, Omsk, 5 Armii St., 135 k.1, e-mail: lubakov@mail.ru).

УДК 697.92: 628.83

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РАБОТЫ ВЕНТИЛЯТОРОВ
В СОСТАВЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИТОЧНЫХ УСТРОЙСТВ**

Е.Г. Бороздин

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье рассмотрено математическое описание работы приточных устройств, применяемых в системах вентиляции жилых многоквартирных зданий с децентрализованным механическим притоком и естественным удалением воздуха. Приведено обоснование выбора характера и вида математической функции на примере результатов испытания ряда приточных устройств и вентиляторов. Описаны возможные варианты нахождения коэффициентов входящих в состав уравнения, графически отображающего напорно-расходную характеристику приточного устройства с механическим побуждением движения воздуха.

Ключевые слова: вентиляторы, механические приточные устройства, вентиляция, жилые здания.

Введение

Одним из возможных вариантов организации воздухообмена в жилых многоэтажных зданиях является применение систем вентиляции с естественным удалением и децентрализованным притоком воздуха, посредством механических приточных устройств (ПУ), которые могут обеспечить нормируемый уровень воздухообмена квартир в течение года (в отличие от приточных устройств с естественным побуждением движения воздуха [1]). В общем случае применяемые приточные устройства состоят из корпуса, в котором расположен вентилятор, фильтры, нагревательные элементы, воздухозаборная решетка и воздухораспределитель, система автоматики и регулирования.

Целью данной статьи является математическое описание работы вентиляторов в составе приточных устройств для систем вентиляции с децентрализованным притоком воздуха.

Математическое описание

Математическое описание работы вентиляторов является функцией степенного многочлена $P_{\text{вент}} = f(G)$ и основывается на полученных или заявленных производителем величинах давлений и соответствующих им расходам воздуха.

В существующем подходе [2] напорно-расходная характеристика вентиляторов описывается уравнением вида

$$P_{\text{вент}} = a \cdot G^2 + b \cdot G + d, \quad (1)$$

где $P_{\text{вент}}$ – давление создаваемое вентилятором, Па; G – расход воздуха, кг/ч; a ,

b , d – коэффициенты, описывающие работу вентилятора. Слагаемому уравнения, которое не умножается на величину расхода (коэффициент d), соответствует значение максимально возможного создаваемого давления вентилятором.

Для того чтобы проверить степень точности описания уравнением (1) работы вентиляционного оборудования было проведено исследование ряда вентиляторов и приточных устройств с последующим математическим описанием их работы.

Исследование вентиляторов и приточных устройств выполнено на испытательном стенде, собранном на основании методики изложенной в [3]. Стенд состоит из воздуховода круглого сечения, на входе в который расположен воздухозаборный патрубок, далее размещается исследуемый вентилятор, за ним на определенном расстоянии установлен струевыпрямитель «Etoile» [4], состоящий из восьми радиальных лопастей толщиной 1 мм каждая и расположенных под равными углами, далее по ходу движения воздуха находится измерительный воздуховод, в котором фиксируется значение создаваемого давления, с помощью микроманометра ММН-240, и расход воздуха, посредством электронного анемометра марки Testo 417-2, за ним находится патрубок с дросселирующим устройством, в качестве которого выступает набор диафрагм с различными отверстиями круглого сечения (схема стенда приведена на рис. 1).

На данном стенде был получен ряд величин давлений и расходов воздуха, как

отдельно для вентиляторов, так и для их работы в составе притонного устройства (с фильтрами). Графическое отображение напорно-расходных характеристик

вентиляторов, составленных по экспериментальным данным и описанных квадратичной и кубической зависимостями, представлено на рисунке 2.

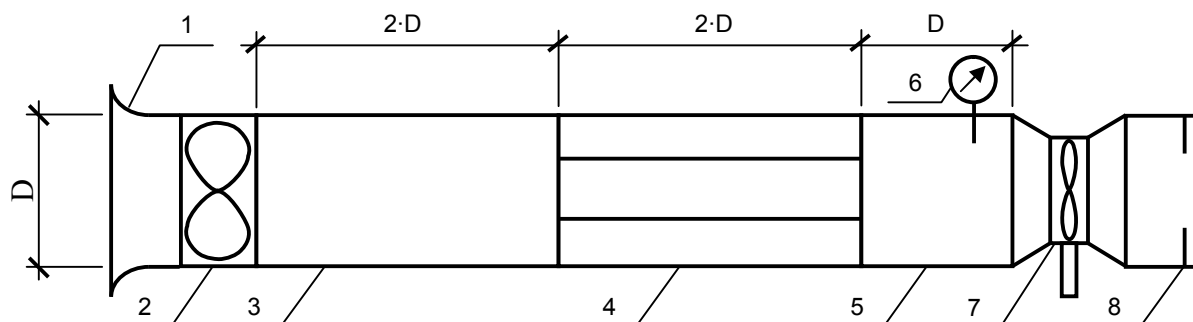


Рис. 1. Схема испытательного стенда: 1 – воздухозаборный патрубок; 2 – исследуемый вентилятор; 3 – воздуховод; 4 – струевыпрямитель «Etoile»; 5 – измерительный воздуховод; 6 – микроанометр; 7 – электронный анемометр; 8 – набор диафрагм

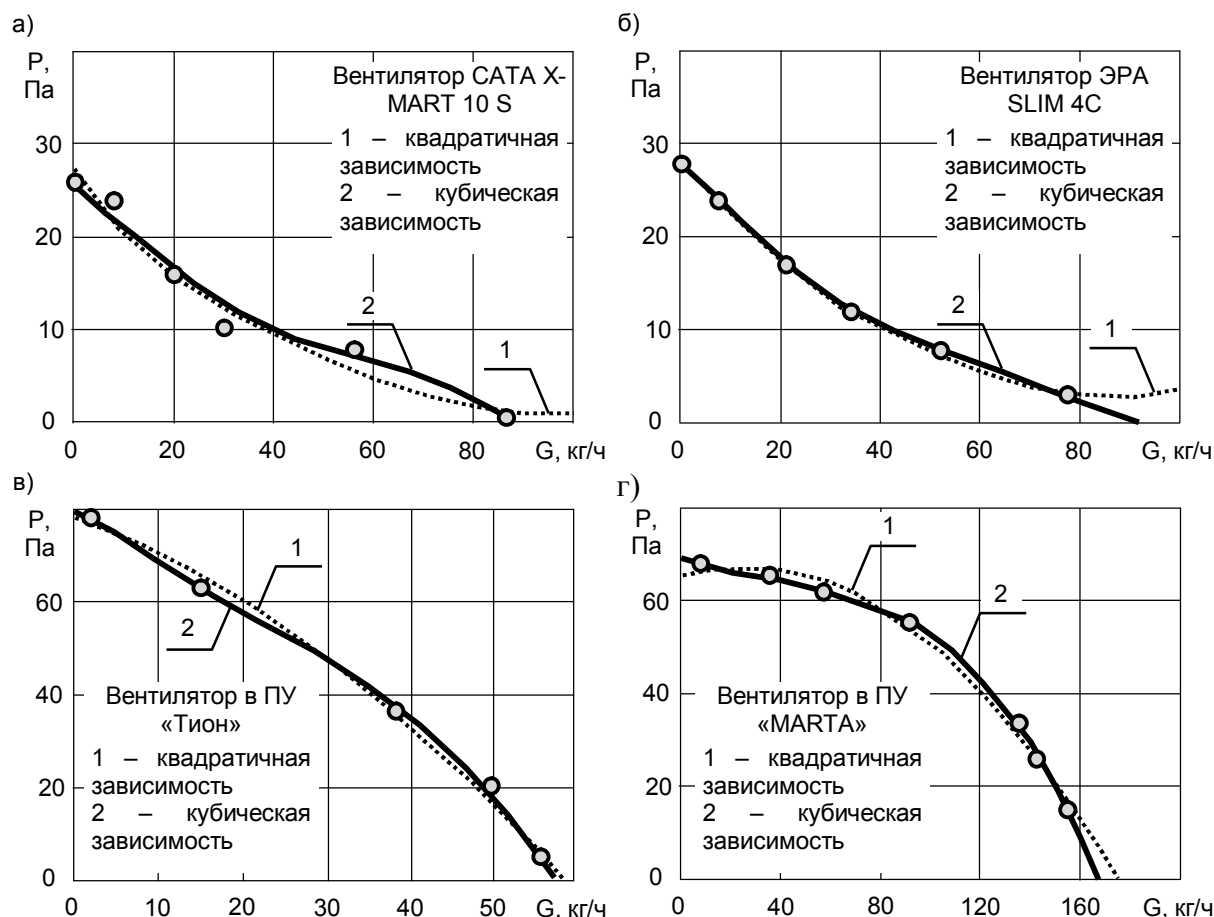


Рис. 2. Напорно-расходные характеристик составленные по экспериментальным данным и описанные квадратичной и кубической математическими зависимостями: а, б – вентиляторов; в, г – вентиляторов, находящихся в приточных устройствах

Коэффициенты, описывающие работу вентилятора или приточного устройства с механическим побуждением движения воздуха, определяются по результатам испытаний рассматриваемого устройства. Их

можно найти по полученным значениям расхода воздуха G_i и соответствующим им величинам давления P_i тремя способами: построение по полученным данным графика функции $P(G)$ в программе MS Office Excel и

добавление на него линии тренда, с выбором характера линии в достаточной степени точности, описывающего работу приточного устройства, и отображением уравнения на диаграмме [5]; решение интерполяционного многочлена Лагранжа [6]

$$L(G) = \sum_{i=0}^n P_i \frac{(G-G_0) \cdot \dots \cdot (G-G_{i-1}) \cdot (G-G_{i+1}) \cdot \dots \cdot (G-G_n)}{(G_i-G_0) \cdot \dots \cdot (G_i-G_{i-1}) \cdot (G_i-G_{i+1}) \cdot \dots \cdot (G_i-G_n)}, \quad (2)$$

- путем решения системы уравнений вида (3) (например, методом Гаусса), где $P_{s,1}, P_{s,2}, P_{s,3}, P_{s,4}$ – давление, создаваемое приточным устройством, при соответствующем расходе воздуха G_1, G_2, G_3, G_4 ; a, b, c, d – искомые коэффициенты, относительно которых решается система уравнений;

$$\begin{cases} a \cdot G_1^3 + b \cdot G_1^2 + c \cdot G_1 + d = P_{s,1} \\ a \cdot G_2^3 + b \cdot G_2^2 + c \cdot G_2 + d = P_{s,2} \\ a \cdot G_3^3 + b \cdot G_3^2 + c \cdot G_3 + d = P_{s,3} \\ a \cdot G_4^3 + b \cdot G_4^2 + c \cdot G_4 + d = P_{s,4} \end{cases} \quad (3)$$

Таблица 1 – Значение величины R^2 при математическом описании работы вентиляторов

Марка исследуемого вентилятора по рис. 2		а	б	в	г
Значение величины R^2 для уравнений типа	$P = a \cdot G^3 + b \cdot G^2 + c \cdot G + d$	0,9815	0,9989	0,9989	0,9978
	$P = a \cdot G^2 + b \cdot G + d$	0,9666	0,9970	0,9955	0,9905
Разность значений R^2		0,0149	0,0019	0,0034	0,0073

При работе вентиляторов в составе приточных устройств их характеристика изменится на величину аэродинамического сопротивления самого устройства ΔP_s , Па, и результирующее развиваемое давление приточным устройством P_s , Па, станет равным

$$P_s = P_{\text{вент}} - \Delta P_s \quad (5)$$

После проведения испытаний приточных устройств определяется напорно-расходная характеристика и математически описывается аналогично тому, как изложено выше. Характеристика аэродинамическое сопротивление приточного устройства ΔP_s , Па, находится из разности зависимостей отображающих работу вентилятора отдельно и в составе устройства (что и следует из уравнения (5)). Математически данная величина может описываться как квадратичной, так и кубической зависимостью. Графическое изображение функциональной зависимости $\Delta P_s (G)$ для используемых ранее вентиляторов, при добавлении к ним фильтров (имитация состава ПУ), и приточных устройств показано на рисунке 3. В большинстве случаев график

- в работе [7] предлагается решить подобную систему вида (3) через определение детерминантов уравнений, входящих в рассматриваемую систему уравнений.

Из рисунка 2 видно, что описание работы вентиляторов кубическим уравнением (4) является более точным и отображает более достоверный характер при малых значениях развиваемого давления ($P < 10$ Па) и малых значениях перемещаемого воздуха ($G < 10$ кг/ч). Однако сравнение коэффициентов детерминации R^2 [8] для кубического и квадратичного уравнений показывает незначительное повышение точности описания кубическим многочленом (в среднем на 0,7%), что показано в таблице 1.

$$P_{\text{вент}} = a \cdot G^3 + b \cdot G^2 + c \cdot G + d \quad (4)$$

функции отображающей аэродинамическое сопротивление приточного устройства имеет характер ветки кубической или квадратичной параболы с координатами вершины (0;0).

По итогам проведения испытаний приточного устройства «MARTA» было установлено, что при отсутствии и малых значениях расхода воздуха не создается давления близкого к максимальному (развиваемому вентилятором), что наблюдалось при испытаниях остальных устройств. Данный факт обусловлен конструктивными особенностями приточного устройства, а именно, наличием планки, позволяющей регулировать количество рециркуляционного воздуха, которая не обеспечивает полного исключения подсоса внутреннего воздуха.

При необходимости получения в расчетах более точных значений развиваемых давлений и расходов воздуха напорно-расходная характеристика приточного устройства может быть описана, как одним уравнением второй или третьей степени, так и совокупностью нескольких уравнений, в том числе и с использованием линейной зависимости (см. рис. 4).

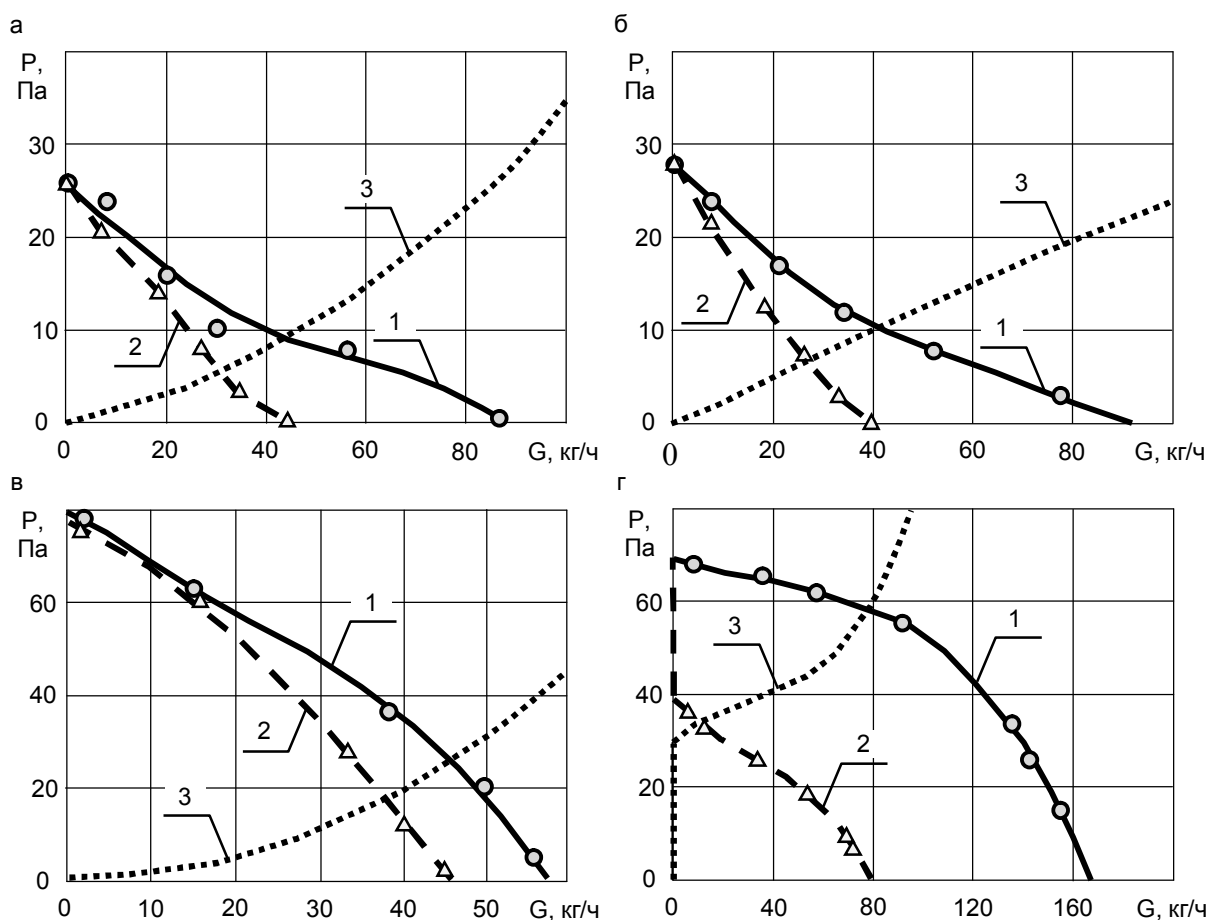


Рис. 3. Графическое изображение характеристик приточных устройств: 1 – напорно-расходная характеристика вентилятора; 2 – напорно-расходная характеристика приточного устройства; 3 – характеристика аэродинамического сопротивления приточного устройства; а – вентилятор CATA X-MART 10 S с фильтрами (выступает в качестве приточного устройства); б – вентилятор ЭРА SLIM 4С с фильтрами; в – приточное устройство «Тион»; г – приточное устройство «МАRTA»

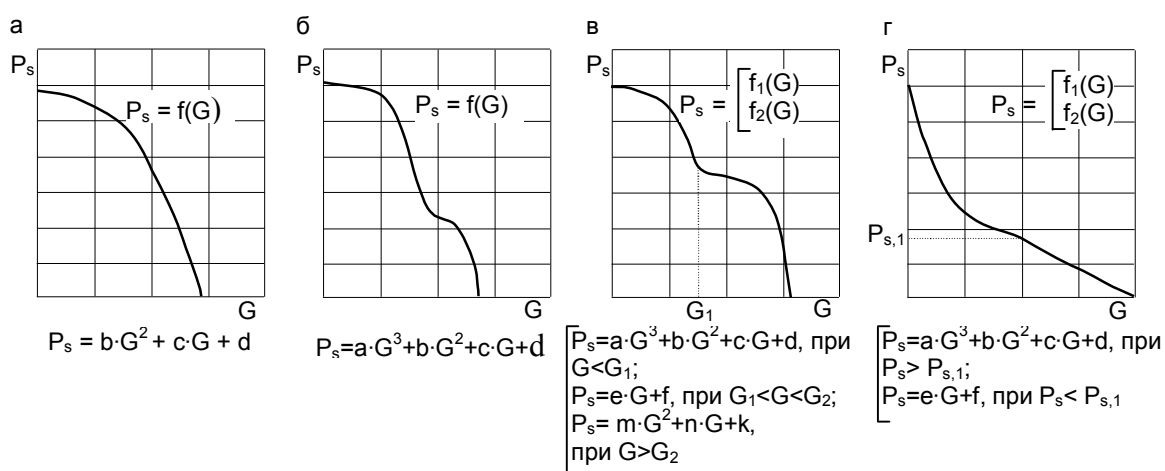


Рис. 4. Математическое описание рабочих характеристик приточных устройств с механическим побуждением движения воздуха: а – квадратичная зависимость; б – кубическая зависимость; в – совокупность линейной, квадратичной и кубической зависимости; г – совокупность линейной и кубической зависимости

Заключение

Выполнение аэродинамического расчета систем вентиляции жилых многоэтажных зданий с децентрализованным механическим притоком воздуха включает определение рабочих точек приточных устройств, при их работе на систему вытяжной вентиляции. Более точное значение развиваемого давления и перекачиваемого объема воздуха приточным устройством может быть получено при описании напорно-расходной характеристики математической функцией. По результатам проведенных исследований и расчетов было установлено, что в большинстве рассматриваемых случаев более корректное и приближенное к действительности математическое описание напорно-расходных характеристик устройств обеспечивается использованием уравнения полинома третьей степени (уравнение вида (4)) или сочетанием нескольких уравнений различного характера.

Библиографический список

1. Влияние температурных и ветровых воздействий на работу естественных систем вентиляции зданий с организованным притоком воздуха / Е. Г. Бороздин // Наука XXI века: опыт прошлого – взгляд в будущее : материалы Междунар. науч.-практ. конф. 12 апр. 2015 г. / СибАДИ. – Омск, 2015. – С. 68 -72.
2. Константинова, В.Е. Воздушно-тепловой режим в жилых зданиях повышенной этажности / В. Е. Константинова. – М.: Стройиздат, 1969. – 136 с.
3. ГОСТ 10921-90. Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний. – Введ. 1992-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1991. – 34 с.
4. ГОСТ 8.586.1-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. Часть 1. Принцип метода измерений и общие требования. – Введ. 2007-01-01. М.: МГС, 2007. – 40 с.: ил.
5. Лялин, В. С. Статистика: теория и практика в Excel: учеб. пособие / В. С. Лялин, И. Г. Зверева, Н. Г. Никифорова. – М.: Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2010. – 448 с.: ил.
6. Турчак, Л. И. Основы численных методов: учеб. пособие / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 304 с.
7. Константинова, В.Е. Расчет воздухообмена в жилых и общественных зданиях / В.Е. Константинова. – М.: Стройиздат, 1964. – 155 с.
8. Васильев, А. Н. Научные вычисления в Microsoft Excel / А. Н. Васильев. – М.: Издательский дом «Вильяме», 2004. – 512 с.: ил.

MATHEMATICAL DESCRIPTION OF VENTILATORS' WORK IN THE STRUCTURE OF MECHANICAL DEVICES FOR AIR SUPPLY

E. G. Borozdin

Abstract. The article dwells on the mathematical work description of air-supply devices used in

ventilation systems of residential buildings with decentralized mechanical inflow and natural venting. There is substantiated the choice of the mathematical function's type on the example of test results of a number of air-supply devices and ventilators. There are described possible options for finding coefficients included in the equation, which graphically displays head and flow characteristics of air supply devices with mechanical draft of air movement.

Keywords: ventilators, mechanical devices for air supply, ventilation, residential buildings.

References

1. Borozdin E.G. *Vliyanie temperaturnykh i vetrovykh vozdeystvij na rabotu estestvennykh sistem ventiljacii zdaniy s organizovannym pritokom vozduha* [Influence of temperature and wind impact on the work of natural ventilation systems of buildings with organized air supply] *Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii "Nauka XXI veka: opyt proshlogo – vzgljad v budushhee"* [Materials of the international scientific-practical conference "Science of the XXI century: the experience of the past - look into the future"], Omsk, 2015, pp. 68-72.
2. Konstantinova V.E. *Vozdushno-teplovoy rezhim v zhilyh zdaniyah povyshennoj jetazhnosti* [Air-thermal regime in residential high rise buildings]. Moscow, Strojizdat, 1969. 136 p.
3. *GOST 10921-90 Ventiljatory radial'nye i osevyje. Metody ajerodinamicheskikh ispytanij*. [State standart Radial and axial ventilators. Methods for aerodynamic testing].
4. *GOST 8.586.1-2005 Izmerenie rashoda i kolichestva zhidkостей i gazov s pomoshh'ju standartnyh suzhajushhih ustrojstv. Chast' 1. Princip metoda izmerenij i obshhie trebovanija* [State standart 8.586.1-2005 Measuring gas and liquid flow and quantity using standard constriction devices. Part 1: The principle of the measurements and general requirements].
5. Lyalin V.S., Zvereva I.G., Nikiforova N.G. *Statistika: teorija i praktika v Excel* [Statistics: Theory and practice in Excel]. Moscow, Finansy i statistika, INFRA-M, 2010. 448 p.
6. Turchak L.I., Plotnikov P.V. *Osnovy chislennykh metodov* [Basics of numerical methods]. Moscow, FIZMATLIT, 2003. 304 p.
7. Konstantinova V.E. *Raschet vozduhoobmena v zhilyh i obshhestvennyh zdaniyah* [Calculation of air exchange in residential and public buildings]. Moscow, Strojizdat, 1964. 155 p.
8. Vasiliev A.N. *Nauchnye vychislenija v Microsoft Excel* [Scientific calculations in Microsoft Excel]. Moscow, Izdatel'skij dom «Vil'jame», 2004. 512 p.

Бороздин Евгений Геннадьевич (Россия, г. Омск) – аспирант ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: ciberomsk@rambler.ru).

Borozdin Evgeniy Gennadievich (Russian Federation, Omsk) – graduate student of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, 5 Mira st., Omsk, e-mail: ciberomsk@rambler.ru).

УДК 625.089.4

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДОРОЖНОЙ ФРЕЗЫ ПРИ РАЗРУШЕНИИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

С.Д. Игнатов, Н.С. Шерстнев
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В данной статье рассматриваются уравнения геометрических связей звеньев дорожной фрезы, математическая модель силы реакции разрабатываемой среды на фрезерный барабан, изменение положения зуба при вращении барабана и перемещении машины, определение угла контакта фрезы, изменение толщины стружки от подачи на i -тый зуб, связь толщины стружки и подачи на i -тый зуб, расчетная схема сил, действующих на зуб фрезерного барабана.

Ключевые слова: дорожная фреза, рабочий орган, сила реакции, резание асфальтобетона.

Введение

Автомобильная дорога рассчитана на определенный срок службы, в течении которого она подвергается различного рода воздействиям транспорта и погодно-климатических факторов. Самым первым и наиболее не защищенным ее элементом, испытывающим такие воздействия, является асфальтобетонное покрытие. Практикой установлено, что поверхность покрытия, нуждающаяся в локальном текущем ремонте, ежегодно может составлять до 2-3 % от общей площади покрытия дороги или ее участка. Когда серьезные повреждения и дефекты достигают 12-15 %, общепринято ставить на ремонт 100 % этой площади. Особый вид техники, применяемый при проведении разнообразных ремонтных работ дорожного покрытия и проведении дорожно-строительных работ, называется дорожной фрезой [1,2,3].

Математическая модель рабочего процесса дорожной фрезы при разрушении асфальтобетона

Дорожная фреза для холодного фрезерования - самоходная машина на колесном или гусеничном шасси, в нижней части которой размещается фрезерный барабан [4]. При проектировании дорожной фрезы одним из этапов является исследование статических и динамических характеристик на основе адекватной математической модели. Основой математической модели является расчетная схема.

Для составления расчетной схемы математической модели машины были приняты следующие допущения [5,6]: рассматриваются изменения вертикальных координат звеньев расчетной схемы; машина представлена в виде многозвенника, отражающего раму машины с двигателем,

трансмиссией, передний ведомый мост, задний ведущий мост, а также фрезерный барабан; рабочий орган (РО) зафиксирован относительно рамы гидроцилиндрами; звенья многозвенника абсолютно жесткие; колеса от опорной поверхности не отрываются и имеют с ней точечный контакт.

С учетом принятых допущений была составлена упрощенная пространственная расчетная схема дорожной фрезы, которая представлена на рисунке 1.

Рама машины, включающая в себя остов, двигатель, редуктор, установку гидросистемы, ходовое оборудование задается системой координат $O_1X_1Z_1Y_1$. Центр тяжести машины находится в точке O_1 . Фрезерный барабан, включающий в себя барабан с поддерживающей рамой и опорными гидроцилиндрами, задается системой координат $O_2X_2Z_2Y_2$. Центр тяжести РО находится в точке O_2 . Передний ведомый мост, включающий в себя элементы ходового оборудования, задается системой координат $O_3X_3Z_3Y_3$. Центр тяжести переднего моста находится в точке O_3 .

Для выполнения расчетов в инерциальной системе координат $O_0X_0Z_0Y_0$ задается плоскость отсчета, проходящая через оси O_0X_0 и O_0Y_0 .

Расстояния до ходового оборудования и РО от этой плоскости обозначены: $Z_{\Gamma 1}$ – вертикальная координата левого ведомого переднего колеса; $Z_{\Gamma 2}$ – вертикальная координата левого ведущего заднего колеса;

- $Z_{\Gamma 1}$ – вертикальная координата правого ведомого переднего колеса; $Z_{\Gamma 2}$ – вертикальная координата правого ведущего заднего колеса;

На рисунке 1 даны следующие обозначения: L_5 – расстояние от оси переднего ведомого моста до оси заднего

ведущего моста; L – расстояние от оси переднего ведомого моста до оси вращения РО; $L_{\text{ш}}$ – ширина базы дорожной фрезы; $L_{\text{РО}}$ – ширина фрезерного барабана; $F_{\text{ХС}}$, F_{ZC} – сила

реакции разрабатываемой среды на РО; $F_{\text{ТК1}}$, $F_{\text{ТК2}}$, $F_{\text{ТК3}}$, $F_{\text{ТК4}}$ – силы тяги ходового оборудования, $V_{\text{П}}$ – поступательная скорость машины.

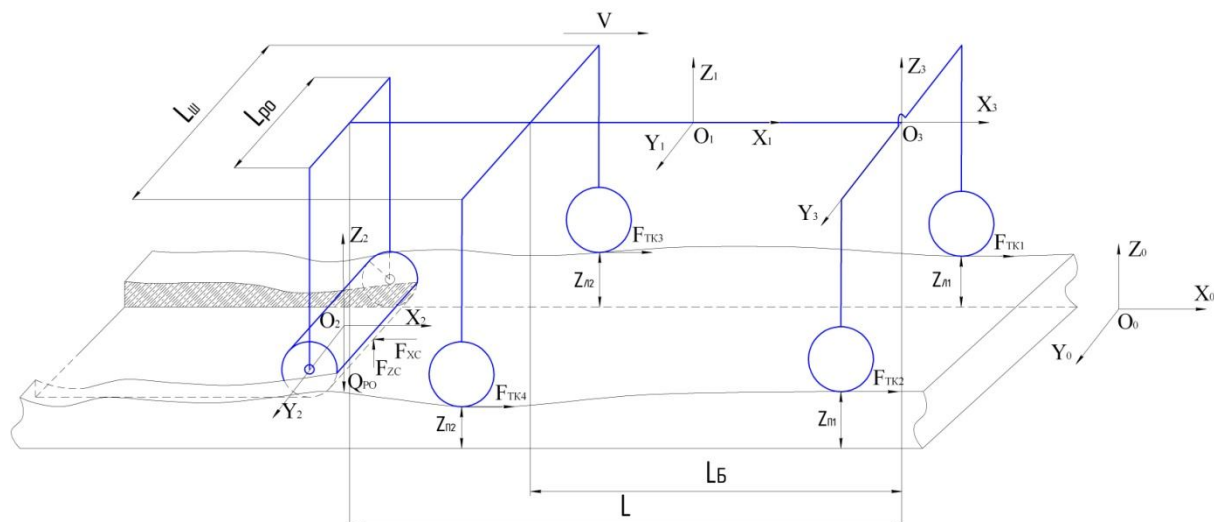


Рис. 1. Упрощенная пространственная расчетная схема дорожной фрезы

Для составления уравнения геометрических связей использовано понятие "коэффициента базы" [6]

$$K_B = \frac{L}{L_B} \quad (1)$$

Из рисунка 1 можно записать следующее выражения для расчета вертикальной координаты $Z_{\text{ЦП}}$, при наезде передним колесом на неровность:

$$Z_{\text{ЦП}} = 0,5 \cdot (Z_{\text{Л1}} + Z_{\text{П1}}) \quad (2)$$

По аналогии с зависимостью 2, уравнение при наезде задним колесом на неровность

$$Z_{\text{ЦЗ}} = 0,5 \cdot (Z_{\text{Л2}} + Z_{\text{П2}}), \quad (3)$$

где $Z_{\text{ЦЗ}}$ - центр заднего моста, м.

Вертикальная координата РО представлена зависимостью [7]

$$Z_{\text{РО}} = (1 - K_B) Z_{\text{ЦП}} + K_B Z_{\text{ЦЗ}} \quad (4)$$

Так как рассматривается установившийся рабочий процесс, то для расчета вертикальной координаты РО необходимо учесть требуемое ее значение $Z_{\text{РО, ZAD}}$.

При разрушении дорожного полотна фрезой на каждый зуб действует переменная

сила сопротивления разрушению. При этом в одинаковый момент времени каждый зуб срезает стружку разной толщины. При резании по ходу движения машины, в начале дуги контакта РО с дорожным полотном сила сопротивления, как и толщина срезаемой стружки - минимальна. В конце дуги контакта - максимальна, так как стружка имеет наибольшую толщину. При этом наблюдается скол части разрабатываемой среды от массива.

На толщину стружки влияют преимущественно два фактора: положение зуба на дуге контакта РО с дорожным полотном (определяется угловой координатой α) в определенный момент времени t и пройденный машиной путь за интервал времени от 0 до t (рис. 2).

На рисунке 2 представлено изменение положения зуба в разные моменты времени. В начальный момент времени (1) сила сопротивления разрушению и толщина срезаемой стружки будет минимальна, путь, пройденный машиной равен нулю. При дальнейшем продвижении машины в продольной плоскости будет увеличиваться толщина срезаемой стружки, причем, чем больше дуга контакта РО с дорожным полотном, тем больше будет ее максимально возможное значение.

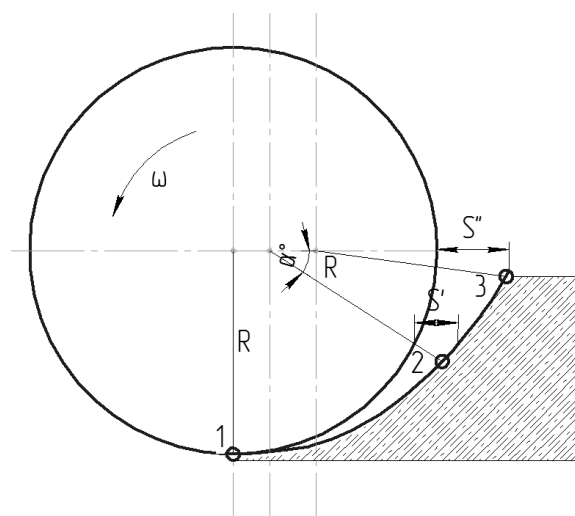


Рис.2. Изменение положения зуба при вращении барабана и перемещении машины

За определенный интервал времени зуб РО изменит свое положение с позиции 1 на 2 (рис. 2). За этот же интервал времени фреза пройдет в продольной плоскости путь S . При изменении положения зуба с позиции 1 на 3 - фреза пройдет путь S' .

Так как расположение зубьев на барабане может быть разным, необходимо поверхность барабана разделить на m_ϕ секторов с одинаковым расположением и количеством зубьев. Центральный угол между двумя соседними зубьями фрезы определяется зависимостью

$$\alpha^\circ = 360^\circ / z, \quad (5)$$

где z - количество зубьев на одном секторе, шт.

Рассчитать число зубьев в продольном сечении барабана, находящихся в контакте с дорожным полотном, можно при помощи зависимости

$$m = \varphi^\circ / \alpha^\circ, \quad (6)$$

где φ - угол контакта фрезы — центральный угол, соответствующий дуге соприкосновения окружности фрезы с обрабатываемой средой, измеряемый в плоскости, перпендикулярной к оси фрезы, град.

Для этого необходимо рассмотреть процесс заглабления РО фрезы (рис. 3).

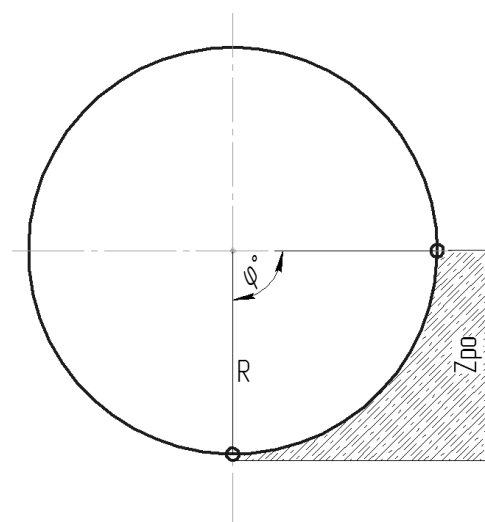


Рис. 3. Определение угла контакта фрезы с обрабатываемой средой

Для определения угла контакта фрезы воспользуемся общеизвестным уравнением

$$\varphi^\circ = \arccos\left(1 - \frac{Z_{\text{РО}}}{R}\right), \quad (7)$$

где R - радиус фрезерного барабана, м.

Для каждого зуба, находящегося в контакте с обрабатываемой средой можно определить время, за которое он достигнет координаты впереди идущего зуба.

$$t_i = \frac{\alpha_i}{2\pi n_\phi}, \quad (8)$$

где α_i - угловая координата i -го зуба, рад; n_ϕ - частота вращения фрезерного барабана, об/с.

За это же время машина, а также и рассматриваемый зуб, пройдут путь в продольной плоскости (рис. 4)

$$S_i = V_\Pi \cdot t_i, \quad (9)$$

где V_Π - поступательная скорость машины, м/с.

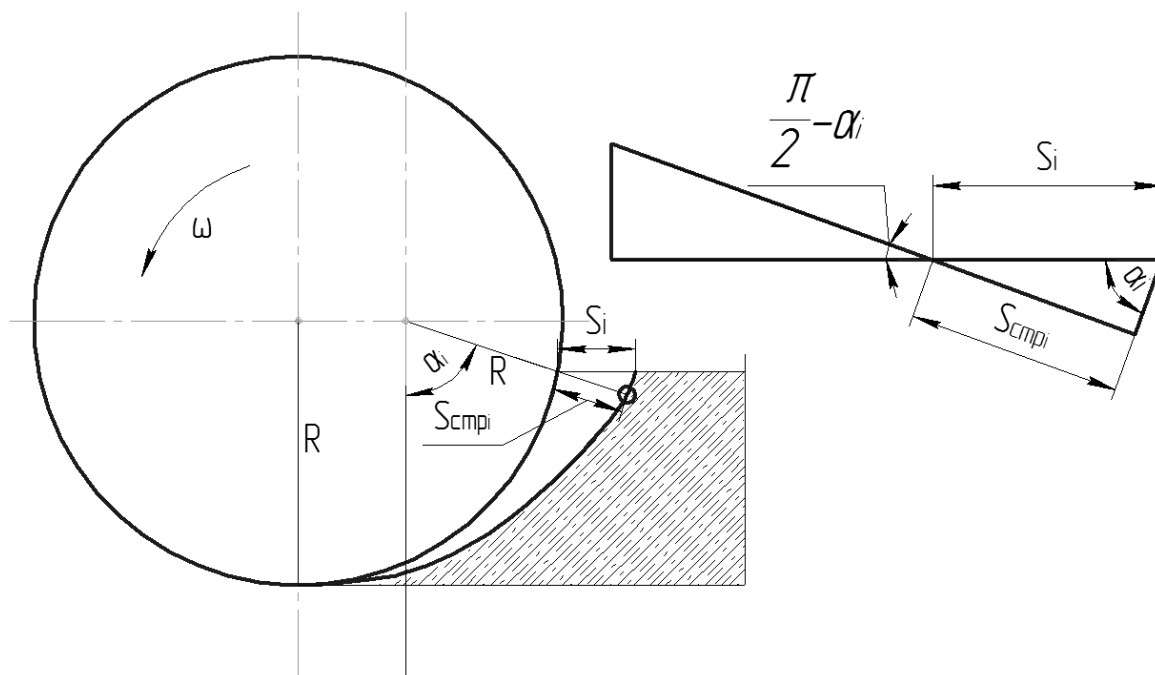


Рис. 4. Изменение толщины стружки от подачи на i-тый зуб

Решая (8) и (9) совместно, получаем зависимость, которая позволяет рассчитать путь, прошедший зубом в продольной плоскости:

$$S_i = V_{\Pi} \cdot \frac{\alpha_i}{2\pi n}. \quad (10)$$

Связь подачи на i-тый зуб и толщины срезаемой им стружки отражается зависимостью

$$S_{стри} = S_i \cdot \sin \alpha_i, \quad (11)$$

где $S_{стри}$ - толщина стружки, срезаемой i-тым зубом, м.

Так как частота вращения фрезерного барабана, а следовательно и его окружная скорость, и поступательная скорость перемещения машины прямо пропорциональны, то величина стружки будет зависеть как от угловой координаты, которую в данный момент времени принимает i-тый зуб, так и от коэффициента пропорциональности распределения угловой скорости вала двигателя внутреннего сгорания между потребителями.

При расчете $S_{стри}$ необходимо учесть, что угловая координата последнего зуба,

находящегося на дуге контакта (рис. 2, позиция 3), принимается равной $\alpha_i = \varphi^\circ$, так как зуб в этой точке формирует стружку наибольшей толщины. Это приводит к тому, что в конечной точке $S_{стри} \rightarrow S$, или $S_{стри} = S$

при условии, что $Z_{PO} = R$.

Одним из важнейших показателей эффективности рабочего процесса дорожной фрезы является энергоёмкость процесса разрушения разрабатываемой среды.

Тангенциальная составляющая силы резания (рис. 5) определяется зависимостью [8]

$$F_{ti} = \frac{N_i}{V_{рез}} = \frac{q \cdot d_{зуба} \cdot S_{стри} \cdot Z_{PO} \cdot n_{\phi}}{V_{рез}}, \quad (12)$$

где N_i - мощность кругового резания разрабатываемой среды одним зубом, Вт; F_{ti} - тангенциальная составляющая силы резания разрабатываемой среды i-тым зубом, Н; $V_{рез}$ - скорость резания фрезерного барабана, м/с; q - удельное сопротивление резанию, Н/м²; $d_{зуба}$ - диаметр основания зуба, м.

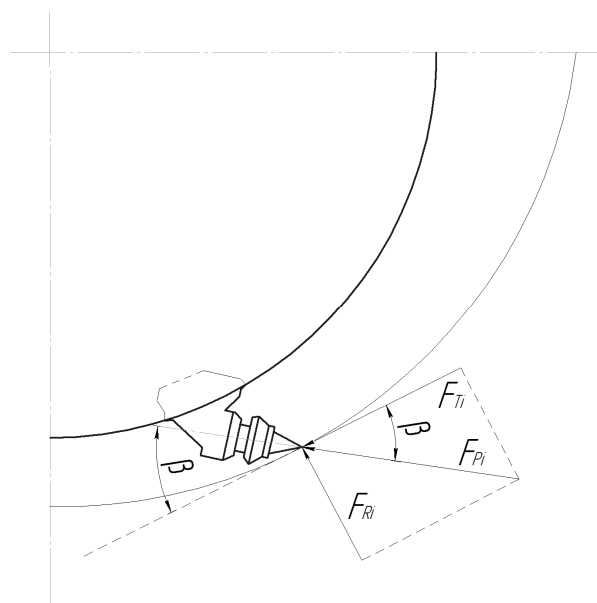


Рис. 5. Расчетная схема сил, действующих на зуб

В соответствии с зависимостями (10), (11) и (12) получаем уравнение силы сопротивления резанию разрабатываемой среды i -тым зубом

$$F_{Pi} = \frac{q \cdot d_{\text{зуба}} \cdot Z_{PO} \cdot V_{II} \cdot \frac{\alpha_i}{2\pi} \cdot \sin \alpha_i}{V_{\text{рез}}} \cdot \cos \beta, \quad (13)$$

где β - угол атаки зуба, рад.

Полная сила сопротивления резанию имеет вид

$$F_p = m_{\phi} \cdot \sum_1^m \left(\frac{q \cdot d_{\text{зуба}} \cdot Z_{PO} \cdot V_{II} \cdot \frac{\alpha_i}{2\pi} \cdot \sin \alpha_i}{V_{\text{рез}}} \cdot \cos \beta \right) \quad (14)$$

Заключение

Представленные уравнения геометрических связей позволяют провести исследование взаимодействия звеньев дорожной фрезы между собой и рассчитать текущее значение вертикальной координаты фрезерного барабана. Полученная математическая модель реакции разрабатываемой среды на фрезерный барабан позволяет рассчитать силу сопротивления разрушению этой среды, учитывая при этом параметры фрезерного барабана и рабочего процесса дорожной фрезы.

Библиографический список

1. Краснолудский, А.В. Определение рациональных параметров эксцентричной дорожной фрезы: дис. ... канд. техн. наук. – Саратов, СГТУ, 2004. – 177 с.

2. Шерстнев, Н.С. Расчет мощности силовой установки дорожной фрезы/ С.Д. Игнатов Н.С. Шерстнев // Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий. С 34 Сибири и Арктики: вклад науки: материалы Международной научно-практической конференции. – Омск: СибАДИ, 2014. –Кн. 2. – 79-81с.

3. Электронный ресурс. Режим доступа – <http://slugba111.ru/stati/chto-takoe-dorozhnaya-freza.html> (дата обращения 24.05.2015)

4. Строительные машины и оборудование: Справочное пособие для производителей-механизаторов, инженерно-технических работников строительных организаций, а также студентов строительных вузов, факультетов и техникумов / Белецкий Б. Ф., Булгакова И. Г. Изд. второе, переработ, и дополн. — Ростов н/Д: Феникс, 2005. — 608 с. — (Строительство)

5. Щербаков, В.С. Научные основы повышения точности работ, выполняемых землеройно-транспортными машинами: дис. ... доктора техн. наук. – Омск: СибАДИ, 2000. – 416 с

6. Щербаков, В.С. Составление структурных схем землеройно-транспортных машин как объектов автоматизации: Учебное пособие. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – 47 с.

7. Моделирование землеройно-транспортных машин в среде Matlab-Simulink: методические указания к выполнению лабораторных работ / сост.: В.С. Щербаков, А-й А. Руппель, И. В. Лазута, С. А.. Милушенко. – Омск: СибАДИ, 2010. – 42 с.

8. Справочник конструктора дорожных машин Под редакцией канд. техн. наук И. П.. Бородачева издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ» Москва 1965. – 725 с.

MATHEMATICAL MODEL OF A ROAD HARROW'S OPERATING PROCESS IN DESTRUCTION OF ASPHALT CONCRETE

S.D. Ignatov, N.S. Sherstnev

Abstract. This article dwells on the equation of geometric constraints of road harrow's links, mathematical model of reaction force of developing medium on the rotor, changing the position of the cog during rotation and moving the machine, detection of angle contacting the harrow, the change of chip thickness from supply to the i -cog, connection of chip thickness and supply to the i -cog, design scheme of forces acting on the road harrow's cog.

Keywords: road harrow, operating device, reaction force, cutting asphalt concrete.

References

1. Krasnoludskiy A.V. *Opredelenie racional'nyh parametrov jekscentrichnoj dorozhnoj frezy*. Diss. kand. tehn. nauk [Determination of rational parameters of eccentric road harrow]. Saratov, SGTU, 2004. 177 p.

2. Sherstnev N.S., Ignatov S.D. Raschet moshhnosti silovoj ustanovki dorozhnoj frezy / N.S. Sherstnev [Calculation of power installation's capacity of road harrow]. *Razvitie dorozhno-transportnogo i stroitel'nogo kompleksov i osvoenie strategicheskij vazhnyh territorij. S 34 Sibiri i Arktiki: vklad nauki: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, Omsk: SibADI, 2014. Kn. 2. 79-81 p.

3. Available at: <http://slugba111.ru/stati/chto-takoe-dorozhnaya-freza.html> (accessed at: 24.05.2015)

4. *Stroitel'nye mashiny i oborudovanie: Spravochnoe posobie dlja proizvodstvennikov-mehaniizatorov, inzhenerno-tehnicheskijh rabotnikov stroitel'nyh organizacij, a takzhe studentov stroitel'nyh vuzov, fakul'tetov i tehnikumov* [Construction machinery: Handbook for manufacturers and machine operators, engineers and technical workers of construction companies, as well for students of construction's universities, faculties and colleges]. Beleckij B. F., Bulgakova I. G. Izd. vtoroe, pererabot, i dopoln. Rostov n/D: Feniks, 2005. 608 p. (Stroitel'stvo)

5. Shherbakov V.S. Nauchnye osnovy povysheniya tochnosti rabot, vypolnjaemyh zemlerojno-transportnymi mashinami. Dis. dokt. tehn. nauk [Scientific basics for improving the accuracy of works, performed by earthmovers]. Omsk: SibADI, 2000. 416 p

6. Shherbakov V.S. *Sostavlenie strukturnykh shem zemlerojno-transportnyh mashin kak obektov avtomatizacii: Uchebnoe posobie*. [Drawing up the block diagrams of earth-moving and transport machines as objects of automation]. Omsk: Izd-vo SibADI, 2001. 47 p.

7. *Modelirovanie zemlerojno-transportnyh mashin v srede Matlab-Simulink: metodicheskie ukazaniya k vypolneniju laboratornyh rabot* / sost.: V.S.

Shherbakov, A-j A. Ruppel', I. V. Lazuta, S. A.. Miljushenko [Modeling of earth-moving machines in the Matlab-Simulink: instructions for implementing laboratory works]. Omsk: SibADI, 2010. 42 p.

8. *Spravochnik konstruktora dorozhnyh mashin* [Reference book for road machines' mechanic]. Pod redakciej kand. tehn. nauk I.P. Borodacheva izdatel'stvo «MASHINOSTROENIE» Moscow, 1965.- 725 p.

Игнатов Сергей Дмитриевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: SDAvvadon@mail.ru).

Шерстнев Никита Сергеевич (Россия, Омск) – аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kashei_55rus@mail.ru).

Ignatov Sergey Dmitrievich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, associate professor of the department "Automation of production processes and electrical engineering" of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st., e-mail: address - ISDAvvadon@mail.ru).

Sherstnev Nikita Sergeevich (Russian Federation, Omsk) – postgraduate student of the department "Automation of production processes and electrical engineering" of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st., e-mail address - kashei_55rus@mail.ru).

УДК 624.137.4(088.8)

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ФРЕЗЕРНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ЗЕМЛЕРОЙНОЙ МАШИНЫ, РАБОТАЮЩЕЙ В ГЛИНИСТОМ РАСТВОРЕ

А.С. Кадыров, Ж.Ж. Жунусбекова, А.А. Ганюков

Карагандинский государственный технический университета, Казахстан, г. Караганда.

Аннотация. *Рассматриваются вопросы напряженно-деформированного и прочностного расчета цилиндрических фрез землеройных машин, работающих под давлением глинистого раствора. Получены зависимости напряжений возникающих во фрезе с учетом инерционных нагрузок и давления глинистого раствора. Создана методика прочностного расчета на стадии изготовления фрез.*

Ключевые слова: *фреза, расчет, методика, землеройная машина, раствор.*

Введение

В последнее время в Казахстане резко увеличились объемы строительного производства. При этом нулевой цикл работ часто приходится производить в стесненных условиях городской или промышленной

застройки, высоком уровне грунтовых вод, без остановки действующего производства, с обеспечением необходимой устойчивости грунтовых массивов от обрушения. В наибольшей степени этим условиям отвечает способ строительства подземных сооружений

«стена в грунте». Сущность его заключается в проходке узких и глубоких траншей под слоем глинистого тиксотропного раствора с последующим заполнением их бетоном, глиноцементными смесями или сборными железобетонными элементами [1]. Глинистый раствор служит для удержания стенок траншеи от обрушения. Этим способом можно строить: технологические подвалы, тоннели метро, подземные гаражи и склады, приемные бункера, подпорные стенки, насосные станции и др. Ведущая операция технологического процесса строительства способом «стена в грунте» является разработка траншеи в грунте. Траншея разрабатывается удлиненными обратными лопатами экскаваторов, грейферами, фрезерными и бурильными машинами. Так как рабочие органы вышеназванных машин работают в среде большой плотности, то их конструкции, помимо нагрузки от сил резания, испытывают дополнительные нагружения от глинистого раствора. Однако, до настоящего времени при проектировании машин практически не уделялось внимание прочностному расчету рабочих органов землеройных машин, работающих в глинистом растворе. В связи с этим встает необходимость установления зависимости определяющей конструктивные и прочностные параметры рабочего органа землеройных машин в зависимости от сил сопротивления фрезерованию грунта и нагружения глинистого раствора.

Материал и методы исследований

Покажем величину и характер нагружения фрезерного рабочего органа землеройной машины при разработке грунта под давлением глинистого раствора. Фрезерный рабочий орган представляет собой стальной толстостенный цилиндр с резаками на боковой поверхности. Цилиндрическая фреза вращается с постоянной угловой скоростью ω и движется со скоростью подачи V (рисунки 1). Для землеройных машин $\omega \ll V$. Нагружение рабочего органа происходит $2,5 \text{ т/м}^3$ от сопротивления движению к сопротивлению грунта резанию в тиксотропном растворе. Авторами впервые были проведены целый ряд теоретических и экспериментальных исследований по установлению сил сопротивления движению рабочих органов фрезерных машин в среде глинистого раствора [2]. Для цилиндрических тел были установлены следующие зависимости момента сил сопротивления при шведовском режиме течения:

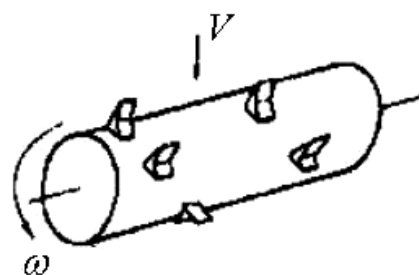


Рис. 1. Цилиндрическая фреза

$$M_C = R_C R, \quad (1)$$

где,

$$R_C = F \frac{\eta_1 \varepsilon E_1 E_2 + \sigma_0 t E_1 E_2}{\left[E_1 (1 - e^{-t/t_0}) + E_2 \right] \eta_1 + t E_1 E_2},$$

M_C – момент сил сопротивления; F – площадь боковой поверхности цилиндра; η_1 – релаксационная вязкость; ε – относительная деформация; E_1 – начальный условно-мгновенный модуль сдвига; E_2 – модуль эластичности; σ_0 – предел упругости, ниже которого остаточные деформации не развиваются; t – время; t_0 – время релаксации.

При бингамовском режиме течения раствора:

$$M_C = \pi R^2 L \tau_0 \left[3 - \frac{r_T^2}{R} - \ln \frac{r_T^2}{R} \right], \quad (2)$$

где L – длина цилиндра; τ_0 – предельное напряжение сдвига; r_T – радиус зоны вязкопластичного движения, который является функцией реологических характеристик раствора и угловой скорости цилиндра.

При псевдоламинарном режиме:

$$M_C = 2\pi R^2 L \mu \omega, \quad (3)$$

где η – структурная вязкость. Указанные выше режимы течения возникают при различных скоростях движения раствора, вследствие перемещения в нем рабочего органа землеройной машины.

Помимо указанных сил со стороны раствора на фрезу действует гидродинамическая сила сопротивления среды, определяющаяся по закону Бернулли:

$$P = P_{амм} + H \rho g + \frac{\rho v^2}{2}, \quad (4)$$

где $P_{атм}$ – атмосферное давление на поверхности; H – высота столба погружения; ρ – плотность раствора; v – линейная скорость внешнего диаметра фрезы; g – ускорение свободного падения.

В процессе фрезерования грунта на фрезу передаются усилия вызванные силами сопротивления резанию грунта (рис. 2).

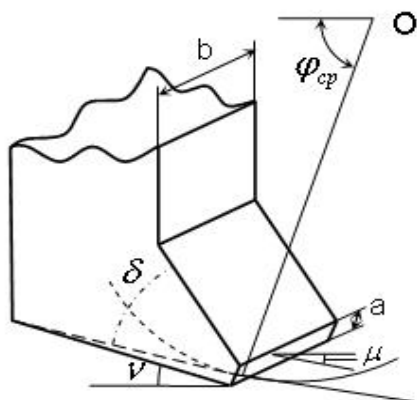


Рис. 2. Схема резца
b - ширина резца; a – ширина площадки износа резца

Для определения сил резания была предложена усредненная модель резца [1], на основе которой получены усилия подачи Q и крутящий M для фрезерования грунта:

$$Q = Ah, \quad M = BhR, \quad (5)$$

$$A = 0,5i\phi b m_{св} (1 + \eta' a) + im_{бок.ср},$$

$$B = 0,5i\phi b m_{св} \left((1 + \eta' a) \cos \phi_{ср} + \left\{ ctg(\delta + \mu) + \eta' actg(\delta + \mu) \sin \phi_{ср} \right\} \right) + im_{бок.ср} \left(\cos \phi_{ср} + ctg(\delta + \mu) \sin \phi_{ср} \right), \quad (6)$$

где A и B – удельные силы сопротивления подаче и вращению фрезы, зависящие от физико-механических свойств грунта, конструкции инструмента и определяющие усилие подачи и крутящий момент, необходимые для разрушения слоя грунта толщиной h (рис. 3); i – количество резцов на фрезе; $m_{св}$ – удельное сопротивление грунта срезу по Ветрову [3].

Таким образом, фрезерный рабочий орган землеройной машины испытывает нагружения от глинистого раствора, силы выталкивания и сил сопротивления резанию. В процессе эксплуатации машин обнаруживались деформации и разрушения фрезы, что приводило к заполнению внутренней поверхности фрезы глинистым раствором и выводу из строя дорогостоящего двигателя, который располагается внутри цилиндра и приводит его во вращение. В

связи с этим на этапе изготовления конструкции фрезерного рабочего органа встала необходимость проведения его прочностных расчетов.

Математической модель прочностного расчета фрезерного рабочего органа сводится к определению всех компонент тензора напряжений по толщине стенки в поперечном сечении толстостенного цилиндра возникающих вследствие воздействия указанных выше нагрузок, а также учета центробежных сил инерции, возникающих из-за вращения фрезы. При расчетах были приняты некоторые допущения.

В частности была принята нагруженная модель толстостенного цилиндра, находящегося под действием равномерно распределенных по всей длине цилиндра нормальных P_b^n и касательных P_b^c нагрузок.

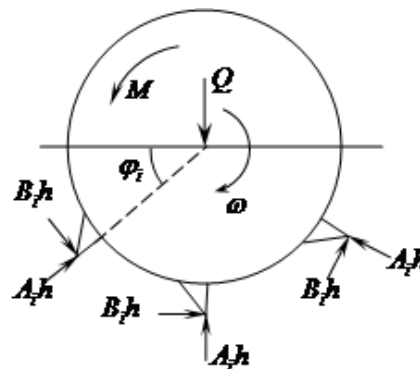


Рис. 3. Схема сил, действующая на модель фрезы

Напряжения по толщине стенки будут зависеть только от радиуса. При таких условиях цилиндр находится в условиях плоской деформации, что позволяет это сделать из-за отсутствия сплошного дна жестко связанного с боковыми стенками цилиндрической фрезы. Расчетная схема фрезы представлена на рисунке 4.

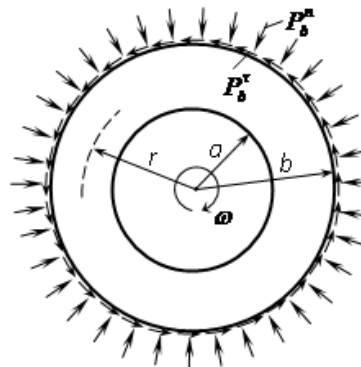


Рис. 4. Расчетная модель фрезы

Аналитические выражения для определения напряженного состояния плоского сечения цилиндра в условиях плоского напряженного состояния с учетом

инерционных нагрузок и нагружений, показанных на рисунке 4, в полярной системе координат определяется следующими выражениями [4]:

$$\begin{aligned} \sigma_r &= -P_b^n \frac{b^2}{b^2 - a^2} \left[1 - \frac{a^2}{r^2} \right] + \frac{3 + \nu}{8} \rho \omega^2 \left[b^2 + a^2 - \frac{a^2 b^2}{r^2} - r^2 \right], \\ \sigma_\theta &= -P_b^n \frac{b^2}{b^2 - a^2} \left[1 + \frac{a^2}{r^2} \right] + \frac{3 + \nu}{8} \rho \omega^2 \left[b^2 + a^2 + \frac{a^2 b^2}{r^2} - \frac{1 + 3\nu}{3 + \nu} r^2 \right], \\ \sigma_{r\theta} &= \frac{P_b^r}{\left(b^{\sqrt{2}-1} - \frac{a^{2\sqrt{2}}}{b^{\sqrt{2}+1}} \right)} \left[\frac{a^{2\sqrt{2}}}{r^{\sqrt{2}+1}} - r^{\sqrt{2}-1} \right], \end{aligned} \quad (7)$$

где ρ – плотность материала; ω – угловая скорость фрезы; r – радиус; ν – коэффициент Пуассона.

Величина нормальной нагрузки P_b^n включает в себя давление оказываемое тиксотропным раствором, определяемое по формуле (4), удельные силы сопротивления фрезерованию Ah , определяемые по формулам (6). Поскольку фреза вращается постоянной угловой скоростью, то инерционные нагрузки так же распределены радиально. Величина касательной нагрузки P_b^r содержит нагрузку от момента сил сопротивления глинистого раствора при различных режимах течения определяемых по формулам (1), (2) и (3), удельную силу сопротивления фрезерованию Bh , определяемую по формулам (6). Все указанные нагрузки являются приведенными к боковой площади цилиндра. Величины главных напряжений определяются следующим образом:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_\theta + \sigma_r}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_\theta - \sigma_r)^2 + 4\sigma_{r\theta}^2}, \quad (8)$$

Как показали исследования, напряжения нагруженной фрезы при малых угловых скоростях являются отрицательными (сжимающими) и наибольшие по своей абсолютной величине являются окружные напряжения σ_θ , которые достигают максимального значения на внутреннем диаметре фрезы при $r=a$ (рис. 5). В расчетах принято $b=2a$.

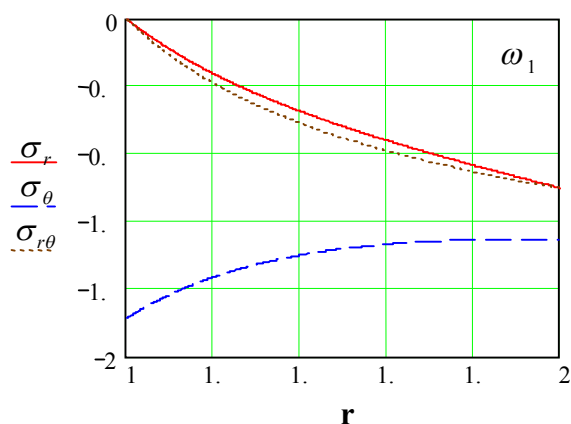


Рис. 5. Напряжения по толщине стенки фрезы при небольших значениях ω

При значительном увеличении угловой скорости, при которой происходит фрезерование грунта, сжимающие напряжения σ_r и σ_θ переходят в положительные значения, то есть становятся растягивающими и стремятся вместе с инерционными нагрузками разорвать вращающуюся фрезу (рис. 6). Это является причиной образования трещин на внутреннем диаметре фрезы, где материал переходит в пластичное состояние, и приводит во время эксплуатации к ее постепенному разрушению. Однако, проведенные исследования показали, что при определенных оптимальных значениях угловой скорости и величин суммарных нагрузок на фрезу все напряжения возникающие по толщине стенки лежат в одном диапазоне и являются небольшими (допустимыми) по величине (рис. 7).

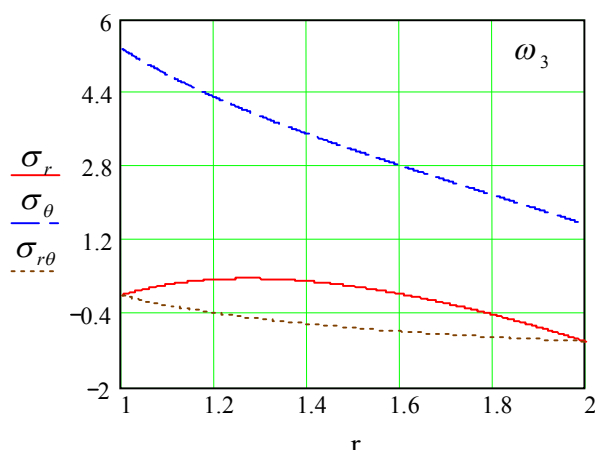


Рис. 6. Напряжения по толщине стенки фрезы при больших значениях ω

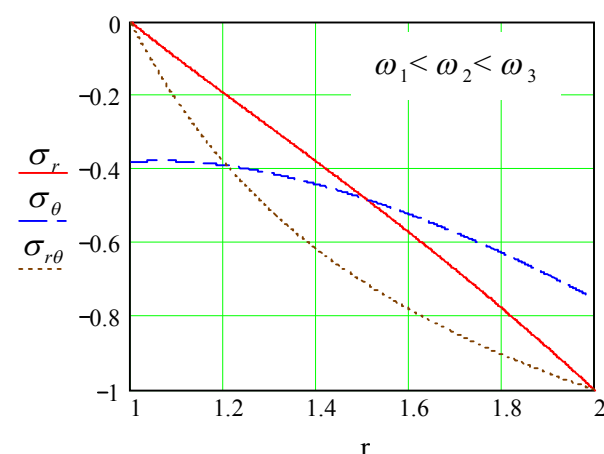


Рис. 7. Напряжения по толщине стенки фрезы при оптимальных значениях ω

Это позволяет подобрать оптимальный режим работы фрезерного рабочего органа и конструктивные особенности таким образом, что бы сделать фрезерный рабочий орган более экономичным и прочным, снизив тем самым энергозатраты двигателей землеройной машины [5,6].

Выводы

Инженерная методика расчета цилиндрических фрез на прочность была реализована в виде пакета прикладных программ, результатами работы которого является выдаваемая толщина стенки и оптимальный режим работы землеройной машины. В программе проверка прочности производится по известным теориям прочности в упругой области работы материала на основе главных напряжений (8) [7,8]. Полученные результаты используют при проектировании машин УТФ-2, РФ-600.

Библиографический список

1. Хамзин, С.К. Основы строительного производства / С.К. Хамзин. – Астана: Фолиант, 2006. – 317 с.
2. Кадыров, А.С. Фрезерные и бурильные машины. Теория и расчет / А.С. Кадыров, Р.Р. Хайбуллин, Б.К. Курмашева. – Караганда: Изд-во ТОО «Санат-Полиграфия», 2007. – 214 с.
3. Ветро, Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами / Ю.А. Ветро. – М.: Машиностроение, 1971, 359 с.
4. Pai-Chi Chang, Fu-Shou Wang, Jia-Huei Hwang, Wei-Fang Chen. Research on the design and manufacturing of an outer cycloid slotting cutter /The International Journal of Advanced Manufacturing Technology/2005, Volume 27, Issue 3-4, pp 248-253.
5. Dragoslav Janosevic, Rosen Mitrev, Boban Andjelkovic, Plamen Petrov. Quantitative measures for assessment of the hydraulic excavator digging efficiency //Journal of Zhejiang University SCIENCE A/2012, Volume 13, Issue 12, pp 926-942
6. Кадыров, А.С. Теоретические основы проектирования и расчета бурильных и фрезерных землеройных машин / А.С. Кадыров, З.А. Мулдагалиев, А.С. Нурмаганбетов, Б.К. Курмашева, Ж.Ж. Жунусбекова. – Издательство Болашак-Баспа, Караганда, 2010. – 220 с.
7. Бестембек Е.С. Нагружение фрезерного рабочего органа для проходки траншей в грунтах: дис...канд. техн. наук: Караганда, КарГТУ, дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.05.04: защищена 10.05.07: утв. 21.12.07 /Е.С. Бестембек; науч. рук. проф. А.С. Кадыров; КарГТУ. – Караганда, 2007. – 123 с.
8. Хайбуллин, Р.Р. Разработка и расчет двухфрезерного рабочего органа для строительства фундаментов типа «стена в грунте» / Р.Р. Хайбуллин. – Караганда: Санат, 2006. – 115 с.

CALCULATION ON DURABILITY OF THE MILLING WORKER OF BODY OF THE DIGGING CAR WORKING IN CLAY SOLUTION

A.S. Kadyrov, Zh.Zh. Zhunusbekova, A.A. Ganyukov

Abstract. The issues concerning stress-strained and calculation durability of cylindrical saw soil digging machine are regarded, which work under the pressure of clay mortar. The correlations of strains occurring in a saw are got, taken into consideration with the inert loadings and clay mortar pressure. Here, the methods of calculation durability at the stage of saw manufacturing are worked out.

Keywords: mill, calculation, methodology, earthmoving machine, solution.

References

1. Hamzin S.K. *Osnovy stroitel'nogo proizvodstva* [Bases of construction production]. Astana: Foliant, 2006, 317 p.
2. Kadyrov A.S., Hajbullin R.R., Kurmasheva B.K. *Frezernye i buril'nye mashiny. Teorija i raschet* [Ampere-second. Milling and boring cars. Theory and calculation]. Karaganda: Izd-vo TOO «Sanat-Poligrafija», 2007. 214 p.
3. Vetro Ju.A. *Rezanie gruntov zemlerojnymi mashinami* []. Moscow, Mashinostroenie, 1971, 359 p.
4. Pai-Chi Chang, Fu-Shou Wang, Jia-Huei Hwang, Wei-Fang Chen. Research on the design and manufacturing of an outer cycloid slotting cutter /The International Journal of Advanced Manufacturing Technology/2005, Volume 27, Issue 3-4, pp 248-253.
5. Dragoslav Janosevic, Rosen Mitrev, Boban Andjelkovic, Plamen Petrov. Quantitative measures for assessment of the hydraulic excavator digging efficiency. Journal of Zhejiang University SCIENCE A/2012, Volume 13, Issue 12, pp 926-942
6. Kadyrov A.S. Muldagaliev Z.A., Nurmaganbetov A.S., Kurmasheva B.K., Zhunusbekova Zh.Zh. *Teoreticheskie osnovy proektirovaniya i rascheta buril'nyh i frezernyh zemlerojnyh mashin* [Ampere-second. Theoretical bases of design and calculation of boring and milling digging cars]. Izdatel'stvo Bolashak-Baspa, Karaganda, 2010. 220 p.
7. Bestembek E.S. *Nagruzhenie frezernogo rabocheho organa dlja prohodki transhej v gruntah: dis. kand. tehn. nauk* [Loading of the milling worker of body for a driving of trenches in soil: dis. cand. tech. sciences]. KarGTU. – Karaganda, 2007. 123 p.
8. Hajbullin R.R. *Razrabotka i raschet dvuhfrezernogo rabocheho organa dlja stroitel'stva fundamentov tipa «stena v grunte»* [Development and calculation of the two-milling worker of body for construction of the bases like "wall in soil"]. Karaganda: Sanat, 2006. 115 p.

Кадыров Адиль Сураатович (Казахстан, Караганда) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Транспортная техника и организация движения (СДМ), КарГТУ (100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56).

Жунусбекова Жанара Жумашкызы (Казахстан, Караганда) – старший преподаватель кафедры «Транспортная техника и организация движения (СДМ), КарГТУ (100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, e-mail: zhzhzh_84@mail.ru).

Ганюков Александр Анатольевич (Казахстан, Караганда) – старший преподаватель кафедры «Дизайн, архитектура и прикладная механика», КарГТУ (100027, Республика Казахстан, г. Караганда, Бульвар Мира, 56, e-mail: a.ganjukov@kstu.kz).

Kadyrov Adil Suratovich (Republic Of Kazakhstan, Karaganda) – doctor of technical science, professor of the department «Transport Technology and Traffic Organization», Karaganda State Technical University (KSTU) (100027, The Republic Of Kazakhstan, Karaganda city, Mira Boulevard, No. 56, e-mail: adil.suratovich@gmail.com).

Zhunusbekova Zhanara Zhumashkyzy (Republic Of Kazakhstan, Karaganda) – senior teacher of the department «Transport Technology and Traffic Organization», Karaganda State Technical University (KSTU) (100027, The Republic Of Kazakhstan, Karaganda city, Mira Boulevard, No. 56, e-mail: zhzhzh_84@mail.ru).

Ganiukov Alexander Anatolievich (Republic Of Kazakhstan, Karaganda) – senior teacher of the department «Design, architecture and applied mechanics», Karaganda State Technical University (KSTU) (100027, The Republic Of Kazakhstan, Karaganda city, Mira Boulevard, No. 56, e-mail: a.ganjukov@kstu.kz).

УДК 681.51:621.878

**СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
ПОГРУЖЕНИЕМ ВИНТОВОЙ СВАИ**

И.В. Лазута, Е.Ф. Лазута
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В данной статье приводятся структура и математическое описание системы автоматического управления погружением винтовой сваи. Структура системы представлена в виде схемы с параметрическими связями между блоками. Авторами предложена математическая модель системы, состоящая из моделей отдельных подсистем, для которых приведены расчетные схемы и дифференциальные уравнения. Значительное внимание в представленной математической модели уделяется зависимостям между множеством конструктивных параметров системы.

Ключевые слова: автоматическая система, управление, винтовая свая, механизм погружения, гидropередача, дифференциальное уравнение.

Введение

Развитие автоматизации строительных и дорожных машин в Российской Федерации должно соответствовать и даже опережать зарубежные направления в данной области. Необходимо, чтобы современное проектирование систем автоматизации опиралось на передовые методы компьютерного моделирования, анализа и синтеза. Замена дорогостоящей физической модели математической дает значительную экономию времени и трудозатрат при разработке систем автоматизации, поэтому актуальность математического

моделирования в области автоматизации строительных и дорожных машин не вызывает сомнения.

Структура системы

Для разработки математической модели системы автоматического управления (САУ) погружением винтовой сваи необходимо представить её структуру. Данная САУ при помощи метода декомпозиции может быть представлена как совокупность отдельно функционирующих более простых, взаимодействующих между собой подсистем (рис. 1).

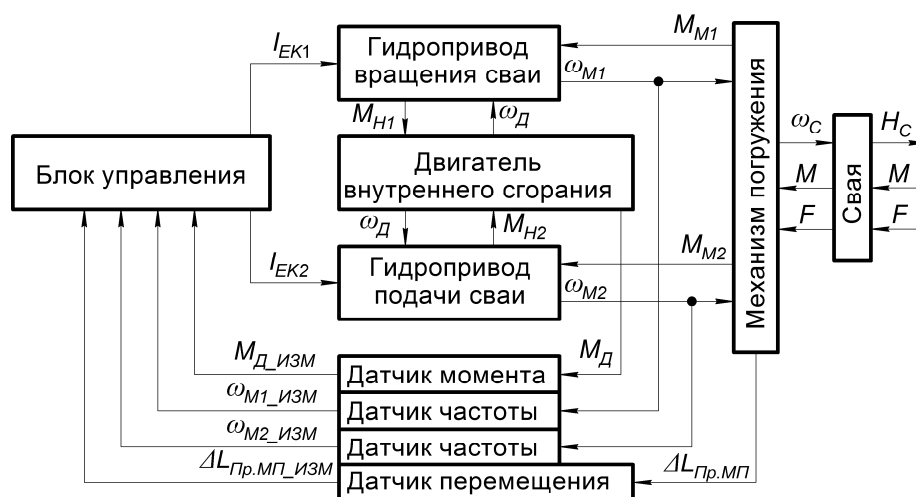


Рис. 1. Структурная схема системы автоматического управления погружением винтовой сваи

В качестве источника мощности при погружении винтовой сваи используется двигатель внутреннего сгорания (ДВС) базовой машины, имеющий вращающий момент M_D и частоту вращения ω_D [1]. Для передачи кинематических воздействий от ДВС к механизму погружения используются гидроприводы вращательного действия, образующие гидropередачу [2].

В САУ используется специальный механизм погружения, который обеспечивает поступательное и вращательное движение сваи. Данный механизм при правильном управлении дает возможность равномерного завинчивания сваи, погружая ее на величину шага лопасти за один оборот [2]. При погружении сваи в грунт на нее действует вертикальная сила сопротивления погружению F и момент сопротивления вращению сваи M , которые зависят от параметров сваи, физико-

механических свойств грунта и глубины погружения сваи H_C [2].

За выдачу управляющих сигналов отвечает блок управления, регулирующий скорости гидроприводов вращения и подачи сваи и загрузку ДВС машины. Для поддержания заданного момента ДВС блок управления контролирует активный момент M_D , и, на основании показаний датчиков частоты вращения гидромоторов ω_{M1} , ω_{M2} и датчика перемещения $\Delta L_{гр.мп}$ выдает управляющие сигналы I_{EK1} , I_{EK2} на электронные платы регулируемых гидронасосов, изменяющих скорости поступательного и вращательного движения сваи, снижая тем самым нагрузку на вал ДВС [2].

Таким образом, анализ структуры САУ погружением винтовой сваи позволил представить её структуру и перейти к математическому описанию отдельных подсистем.

Математическая модель системы

Математическая модель двигателя внутреннего сгорания

Сила F и момент M преобразуются через редукторы механизма погружения с коэффициентами передачи $i_{МП1}$ и $i_{МП2}$ в моменты сопротивления на валах исполнительных гидромоторов M_{M1} и M_{M2} , вызывая изменение давления в гидропередаче, что приводит к изменению моментов на валах гидронасосов $M_{Н1}$ и $M_{Н2}$, которые через редукторы вала отбора мощности с коэффициентами передачи $i_{ТР1}$ и $i_{ТР2}$ суммарно прикладываются к валу ДВС, загружая его.

Макродинамика ДВС с всережимным регулятором представлена классическим дифференциальным уравнением [3]:

$$J_D \frac{d\omega_D}{dt} = M_D - M_C, \quad (1)$$

J_D – приведенный момент инерции вала ДВС и связанных с ним агрегатов.

С учетом одновременного движения гидроприводов вращения и подачи сваи суммарный момент сопротивления на валу ДВС M_C определяется по формуле [1,4]:

$$M_C = \frac{M_{Н1} \cdot \eta_{ТР1}}{i_{ТР1}} + \frac{M_{Н2} \cdot \eta_{ТР2}}{i_{ТР2}}, \quad (2)$$

где $M_{Н1}$ – момент силы сопротивления на валу гидронасоса привода вращения сваи; $i_{ТР1}$ – передаточное отношение редуктора вала отбора мощности для насоса вращения сваи; $\eta_{ТР1}$ – механический КПД редуктора насоса вращения сваи; $M_{Н2}$ – момент силы сопротивления на валу гидронасоса привода подачи сваи; $i_{ТР2}$ – передаточное отношение редуктора вала отбора мощности для насоса подачи сваи; $\eta_{ТР2}$ – механический КПД редуктора насоса подачи сваи.

Момент двигателя M_D определяется как функция частоты вращения вала двигателя ω_D и подачи топлива за цикл q . Данная зависимость определяется путем стендовых испытаний заводом изготовителем и имеет вид [1,4]:

$$M_D = M_{D(MIN)}(\omega_D) + k\Delta q, \quad (3)$$

$$\Delta q = q - q_0, \quad (4)$$

где $M_{D(MIN)}(\omega_D)$ – функция момента силы двигателя от частоты вращения вала при минимальной подаче топлива q_0 ,

соответствующей холостому ходу (определяется по внешней характеристике двигателя); k – постоянный коэффициент расхода.

Приращение подачи топлива линейно зависит от перемещения муфты регулятора z и количества энергии, вырабатываемой ДВС. Регулятор работает на уменьшение подачи топлива, уравнение (3) примет вид [1,4]:

$$M_D = M_{D(MIN)}(\omega_D) + \left(1 - \frac{z}{z_{x0}}\right) M_Z; \quad (5)$$

$$0 \leq z \leq z_{x0}, \quad (6)$$

где M_Z – приращение момента силы при максимальной подаче топлива; z – положение муфты регулятора, отсчитываемое от положения максимальной подачи топлива, z изменяется в интервале, ограниченном конструктивными упорами; z_{x0} – крайнее положение муфты регулятора при минимальной подаче топлива, соответствующей холостому ходу.

Величина z определяется дифференциальным уравнением муфты регулятора [1]:

$$m \cdot z'' + v \cdot z' + E(z) + F_0 = A(z) \cdot \omega_D^2 \cdot i_p^2, \quad (7)$$

где m – приведенная к муфте масса всех подвижных частей регулятора; i_p – передаточное число редуктора регулятора относительно вала двигателя; v – коэффициент вязкого трения муфты регулятора; $E(z)$ – усилие пружины, приведенное к муфте; F_0 – сила предварительного сжатия пружины, приведенная к муфте регулятора; $A(z)$ – поддерживающая сила регулятора.

Функции $E(z)$ и $A(z)$ зависят от z и могут быть определены по статической характеристике всережимного регулятора типа РВ [1,2].

Таким образом, подсистема ДВС с всережимным регулятором может быть описана уравнениями (1 – 7). На рисунке 2 представлена структурная схема математической модели ДВС с всережимным регулятором частоты вращения типа РВ, составленная в программе Simulink [5].

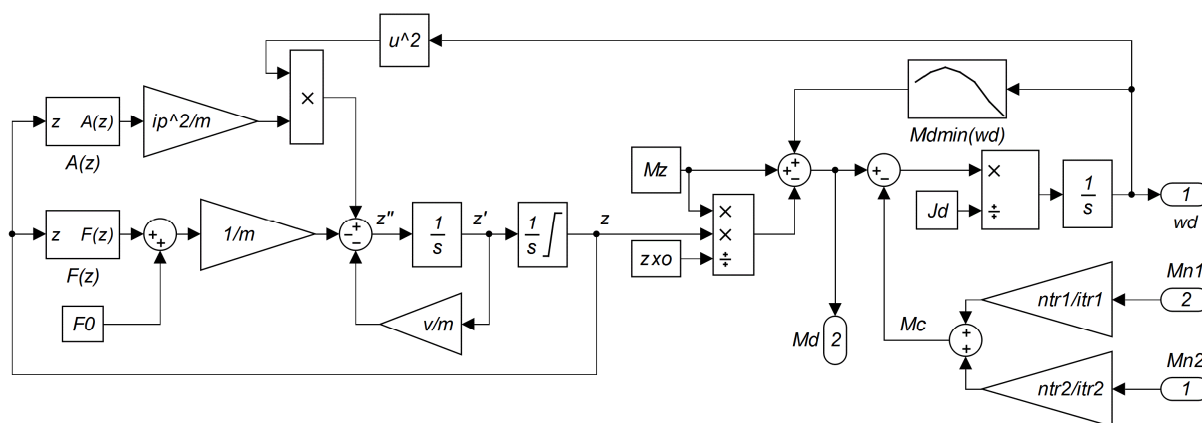


Рис. 2. Структурная схема математической модели двигателя внутреннего сгорания с всережимным регулятором

Представленное математическое описание ДВС позволяет моделировать его внутреннюю динамику с учетом изменяющегося момента сил сопротивления на валу двигателя, а также будет использоваться как подсистема математической модели САУ погружением винтовой сваи.

Математическая модель гидропривода

В САУ погружением винтовой сваи для передачи кинематических воздействий от ДВС к механизму погружения используются гидроприводы вращательного действия –

гидронасос с гидромотором, связка которых образует гидрообъемную трансмиссию (гидропередачу). Благодаря возможности плавно изменять частоты вращения вала гидромотора от 0 до максимума, а также работать в режиме постоянного момента на выходном валу, целесообразно применять гидропередачу с регулируемым насосом [6].

На рисунке 3 представлена блок-схема гидропередачи по одному из каналов погружения винтовой сваи (для другого канала схема аналогична).

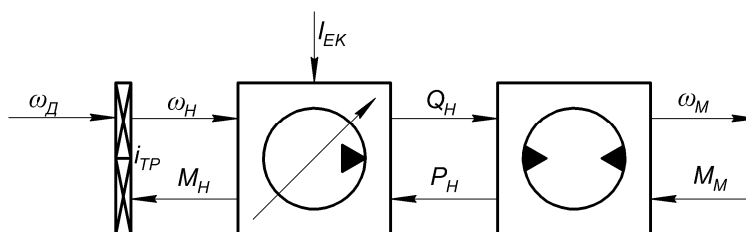


Рис. 3. Блок-схема гидропередачи

Математическая модель регулируемого гидронасоса может быть описана уравнениями [6]:

$$M_H = \frac{P_H \cdot q_H}{2\pi\eta_{MH}}; \tag{8}$$

$$Q_H = \frac{q_H \cdot \omega_H \cdot \eta_{OH}}{2\pi}; \tag{9}$$

$$q_H = q_{HM} \cdot e_H; \tag{10}$$

$$\omega_H \cdot i_{TP} = \omega_D, \tag{11}$$

где Q_H – подача насоса; q_{HM} – максимальный рабочий объем насоса; q_H – текущий рабочий объем насоса; e_H – параметр регулирования рабочего объема;

ω_H – угловая скорость вала насоса; M_H – момент силы сопротивления на валу гидронасоса; P_H – давления в напорной линии насоса/мотора; η_{OH} , η_{MH} – объемный и механический КПД насоса соответственно.

В регулируемых аксиально-поршневых гидронасосах подача регулируется за счет изменения рабочего объема насоса путем наклона шайбы головок шатунов. Параметр регулирования рабочего объема e_H является функцией угла наклона шайбы гидронасоса $\gamma_{шн}$ [7]:

$$e_H = \frac{\gamma_{шн}}{\gamma_{шн_max}}; \tag{12}$$

$$0 \leq \gamma_{шн} \leq \gamma_{шн_max}, \tag{13}$$

где $\gamma_{\text{шн_max}}$ – максимальный угол наклона шайбы гидронасоса.

Для бесступенчатого управления положением шайбы гидронасоса используется пропорциональное электрическое сервоуправление. Электрический сигнал $I_{\text{ЕК}}$ передается на обмотку пропорционального электромагнитного клапана, который регулирует наклон диска аксиально-поршневого гидронасоса. Динамику перемещения шайбы гидронасоса с электрическим сервоуправлением можно описать дифференциальным уравнением [7]:

$$T_{\text{шн}} \frac{d\gamma_{\text{шн}}}{dt} + \gamma_{\text{шн}} = K_{\text{ЕК}} (I_{\text{ЕК}} - I_0), \quad (14)$$

где $K_{\text{ЕК}}$ и I_0 – коэффициент передачи и начальный ток электромагнитного клапана; $T_{\text{шн}}$ – постоянная времени сервопривода.

Математическая модель гидромотора может быть описана уравнениями [6]:

$$P_H = \frac{2\pi \left(M_M + J_M \frac{d\omega_M}{dt} \right)}{q_M \eta_{\text{ММ}}}; \quad (15)$$

$$\omega_M = \frac{2\pi \cdot Q_H \cdot \eta_{\text{ОМ}}}{q_M}, \quad (16)$$

где q_M – рабочий объем гидромотора; ω_M – угловая скорость вала гидромотора; J_M – момент инерции вращающихся масс, приведенный к валу гидромотора; M_M – крутящий момент силы на валу гидромотора; $\eta_{\text{ОМ}}$, $\eta_{\text{ММ}}$ – объемный и механический КПД гидромотора соответственно.

На основе уравнений (8-16) можно представить математическую модель гидропередачи с пропорциональным электроуправлением по одному из каналов погружения винтовой сваи в виде структурной схемы (рис.4), составленной в программе Simulink [1]. Данная математическая модель гидроприводов вращения и подачи сваи позволяет проанализировать множество конструктивных параметров подсистемы при разработке САУ погружением винтовой сваи.

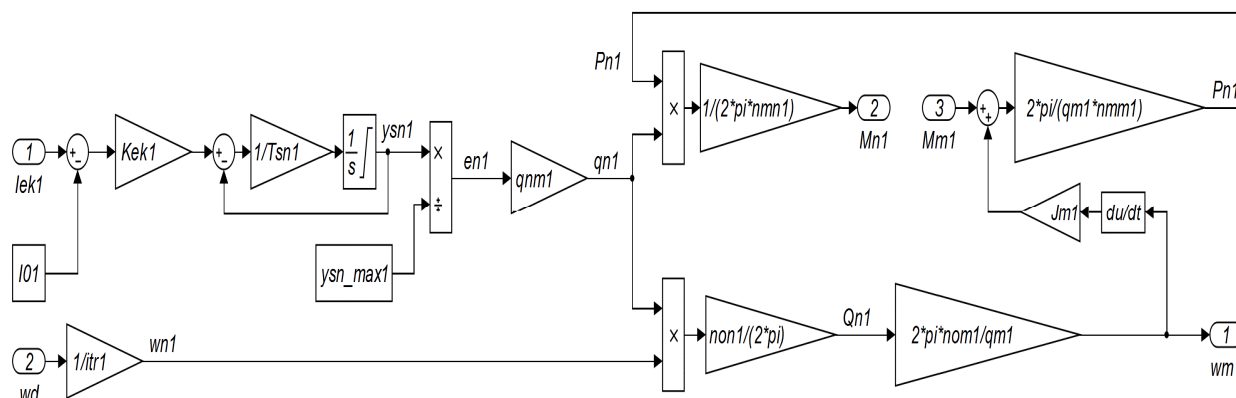


Рис. 4. Структурная схема математической модели гидропередачи

Математическая модель механизма погружения

Для передачи вращательного и поступательного движения винтовой свае от

исполнительных гидромоторов в САУ применяется особый механизм погружения, расчетная схема которого представлена на рисунке 5 [2, 8].

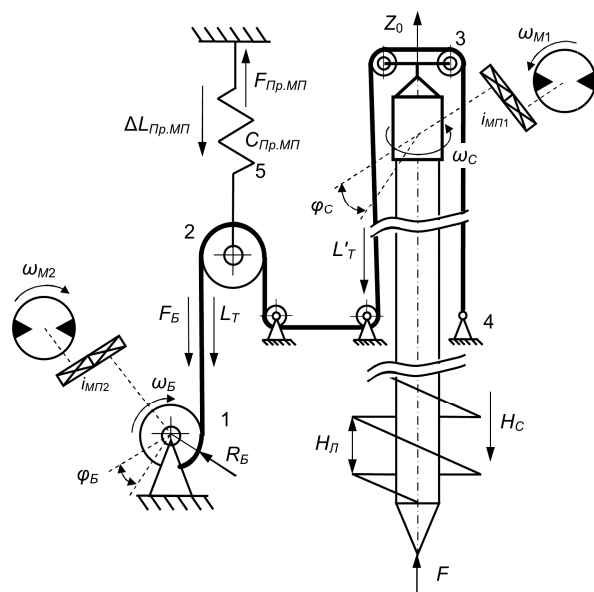


Рис. 5. Расчетная схема механизма погружения

Для равномерного погружения винтовой сваи в грунт за один оборот на шаг лопасти H_L необходимо найти зависимость между угловыми скоростями гидроприводов вращения – ω_{M1} и подачи сваи – ω_{M2} , составив математическое описание механизма погружения винтовой сваи.

Величина погружения сваи H_C равна сумме перемещений подвижных частей системы из условия нерастяжимости троса [5]:

$$2H_C = L'_T = L_T - 2\Delta L_{пр.мп}, \quad (17)$$

где L'_T – длина троса, проходящего через блок 3; $\Delta L_{пр.мп}$ – деформации пружины 5 блока 2, под действием силы натяжения троса.

$$L_T = \varphi_B R_B = R_B \int_0^t \omega_B \cdot dt; \quad (18)$$

$$\omega_B = \frac{\omega_{M2}}{i_{МП2}}, \quad (19)$$

где R_B – радиус барабана лебедки натяжного троса привода подачи; φ_B – угол поворота барабана 1; $i_{МП2}$ – передаточное отношение редуктора подачи сваи; ω_B – угловая скорость барабана 1.

Требуемую величину заглубления сваи H_C при обороте вокруг своей оси на угол φ_C можно также определить исходя из шага лопасти винтовой сваи H_L [2]:

$$H_C = \frac{H_L \cdot \varphi_C}{2\pi} = \frac{H_L}{2\pi} \int_0^t \omega_C \cdot dt; \quad (20)$$

$$\omega_C = \frac{\omega_{M1}}{i_{МП1}}, \quad (21)$$

где $i_{МП1}$ – передаточное отношение привода механизма погружения для вращения сваи; ω_C – угловая скорость вращения сваи.

Приравняв уравнения (17) и (20) с учетом (18 – 21), получим уравнение [2]:

$$\omega_{M2} = \frac{H_L \cdot \omega_{M1} \cdot i_{МП2}}{\pi \cdot R_B \cdot i_{МП1}} + \frac{2 \cdot i_{МП2}}{R_B} \cdot \frac{d\Delta L_{пр.мп}}{dt}. \quad (22)$$

Полученная зависимость угловой скорости гидромотора подачи от угловой скорости гидромотора вращения сваи позволит синхронизировать скорости вращения и подачи сваи с учетом изменяющейся вертикальной нагрузки.

Найдем величину $\Delta L_{пр.мп}$ при равномерном заглублении сваи в грунт, из условия нерастяжимости троса [5]:

$$\Delta L_{пр.мп} C_{пр.мп} = F_{пр.мп} = F, \quad (23)$$

где $C_{пр.мп}$ – коэффициент жесткости пружины 5; $F_{пр.мп}$ – сила упругой деформации пружины; F – сила сопротивления погружению сваи в грунт.

Моменты сил сопротивления, приложенные к валам гидромоторов вращения и подачи сваи M_{M1} и M_{M2} , будут определяться из следующих зависимостей:

$$M_{M1} = \frac{M}{i_{МП1}}; \quad (24)$$

$$M_{M2} = \frac{F_B \cdot R_B}{i_{МП2}} = \frac{F \cdot R_B}{2 \cdot i_{МП2}}. \quad (25)$$

Представленное математическое описание механизма погружения винтовой сваи позволило определить зависимость между угловыми скоростями гидроприводов вращения и подачи сваи, а также дает возможность проводить анализ конструктивных параметров механизма погружения.

Математическая модель блока управления

Для поддержания оптимальной загрузки двигателя достаточно регулировать активный момент силы на его валу M_d . Для равномерного погружения винтовой сваи в грунт за один оборот на шаг лопасти H_L необходимо управлять скоростями исполнительных гидромоторов вращения ω_{M1} и подачи сваи ω_{M2} [2].

Для автоматического управления погружением винтовой сваи блоку управления необходимо владеть информацией о значениях следующих величин: момент силы на валу ДВС M_d ; скорости исполнительных гидромоторов ω_{M1} и ω_{M2} ; перемещение подпружиненного блока механизма погружения $\Delta L_{пр.мп}$, так же

являющегося индикатором силы сопротивления погружению сваи в грунт F [2].

САУ погружением винтовой сваи состоит из следующих элементов:

1. Датчики:

- активного момента силы на валу ДВС M_D ;

- частоты (угловой скорости) гидроприводов вращения ω_{M1} и подачи ω_{M2} сваи;
- перемещения подпружиненного блока механизма погружения $\Delta L_{Пр.МП}$.

2. Электронный блок управления:

- элементы преобразования, выполняющие необходимые преобразования полученных с датчиков сигналов;

- элементы индикации и сигнализации о превышении предельно допустимых параметров;

- вычислительные элементы, выдающие сигналы рассогласования заданных и действительных значений регулируемых величин.

Данный блок управления имеет два контура управления:

- стабилизация активного момента силы на валу ДВС M_D в соответствии с оптимальным моментом;

- синхронизация угловых скоростей гидроприводов вращения и подачи сваи ω_{M1} и ω_{M2} в соответствии с условием равномерного погружения сваи и компенсации вертикальной силы реакции грунта на законечник сваи.

Для первого контура управления сигнал рассогласования активного момента силы на валу ДВС ΔM_D описывается следующей зависимостью:

$$\Delta M_D = M_{D_Зад} - M_{D_Изм}, \quad (26)$$

где $M_{D_Изм}$ – измеренное значения момента силы на валу ДВС; $M_{D_Зад}$ – заданное оптимальное значение момента силы на валу ДВС.

Тогда скорость изменения управляющего сигнала I_{EK1} на увеличение или уменьшение параметра регулирования e_{H1} привода вращения формируется в зависимости от сигнала рассогласования моментов сил на валу ДВС ΔM_D :

$$T_{шн1} \frac{dI_{EK1}}{dt} = \Delta M_D \frac{I_{EK_max1}}{M_{D_Зад}}; \quad (27)$$

$$0 \leq I_{EK1} \leq I_{EK_max1}, \quad (28)$$

где I_{EK_max1} – максимальный ток управления сервоприводом насоса вращения сваи.

Для второго контура управления сигнал рассогласования угловой скорости гидропривода подачи сваи $\Delta \omega_{M2}$ будет:

$$\Delta \omega_{M2} = \omega_{2_Зад} - \omega_{2_Изм}, \quad (29)$$

где $\omega_{2_Зад}$ и $\omega_{2_Изм}$ – заданное и измеренное значение угловой скорости гидропривода подачи сваи; I_{EK_max1} – максимальный ток управления сервоприводом насоса.

Значение $\omega_{M2_Зад}$ будет определяться исходя из полученной функциональной зависимости от угловой скорости вращения сваи $\omega_{M1_Изм}$ и перемещения подпружиненного блока механизма погружения $\Delta L_{Пр.МП}$:

$$\omega_{M2_Зад} = K_M \cdot \omega_{M1_Изм} + K_L \cdot \frac{d\Delta L_{Пр.МП_Изм}}{dt}; \quad (30)$$

$$K_M = \frac{H_L \cdot i_{МП2}}{\pi \cdot R_B \cdot i_{МП1}}; \quad (31)$$

$$K_L = \frac{2 \cdot i_{МП2}}{R_B}. \quad (32)$$

Тогда скорость изменения управляющего сигнала I_{EK2} на увеличение или уменьшение параметра регулирования e_{H2} привода подачи будет определяться в зависимости от сигнала рассогласования по угловой скорости гидропривода подачи сваи $\Delta \omega_{M2}$:

$$\frac{dI_{EK2}}{dt} = \frac{\Delta \omega_{M2} \cdot I_{EK_max1}}{2\pi}; \quad (33)$$

$$0 \leq I_{EK2} \leq I_{EK_max2}. \quad (34)$$

где I_{EK_max2} – максимальный ток управления сервоприводом насоса подачи сваи.

Данная схема содержит блок автоматической остановки моделирования при достижении сваей заданной глубины:

$$H_{C_Изм} \geq H_{C_Зад}. \quad (35)$$

Вычисление текущей глубины погружения сваи производится в блоке управления согласно зависимостям (17 – 19):

$$H_{C_Изм} = \frac{R_B}{2 \cdot i_{МП2}} \int_0^t \omega_{M2_Изм} \cdot dt - \Delta L_{Пр.МП_Изм}. \quad (36)$$

На основании зависимостей (26 – 36) в среде MATLAB-Simulink была составлена структурная схема математической модели блока управления системы (рис. 6).

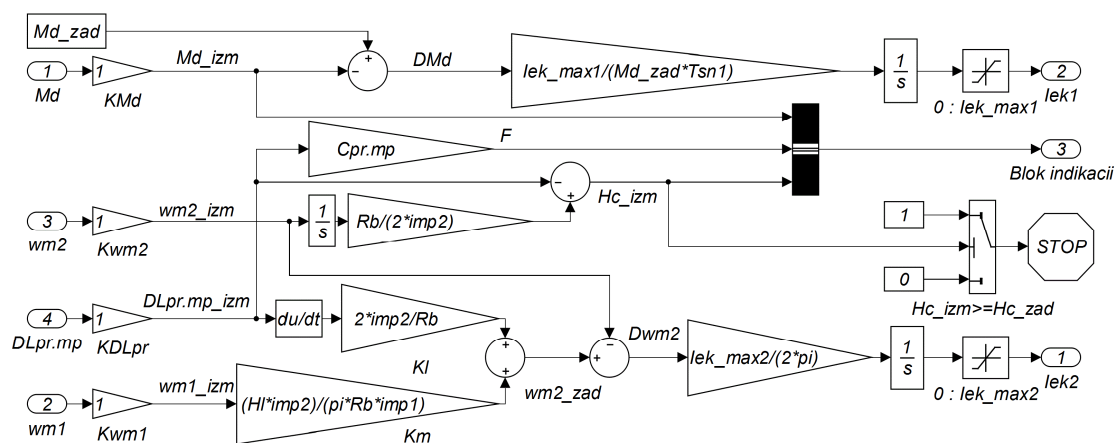


Рис. 6. Структурная схема математической модели блока управления

Заключение

Таким образом, общая математическая модель САУ является совокупностью моделей отдельных подсистем и пригодна для компьютерного моделирования. Предлагаемая структура и математическая модель САУ погружением винтовой сваи позволяет проводить анализ и синтез системы на этапе проектирования.

Библиографический список

1. Крутов, В.И. Автоматическое регулирование и управление двигателями внутреннего сгорания [Текст]: учебник / В.И. Крутов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 416 с.
2. Денисова, Е.Ф. Система автоматизации проектирования основных параметров устройства управления погружением винтовой сваи [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Е.Ф. Денисова. – Омск: СибАДИ, 2011. – 146 с.
3. Арнольд, В.И. Математические методы классической механики [Текст]: учеб. пособие / В.И. Арнольд. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1989. – 472 с.
4. Расчет и проектирование строительных и дорожных машин на ЭВМ / Под ред. Е.Ю. Малиновского. – М.: Машиностроение, 1980. – 216 с.
5. Ануфриев, И.Е. MATLAB 7 [Текст]: учебник / И.Е. Ануфриев, А.Б. Смирнов, Е.Н. Смирнова. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 1104 с.
6. Федорец, В.А. Гидроприводы и пневмоавтоматика станков [Текст]: учеб. пособие / В.А. Федорец, М.Н. Педченко, А.Ф. Пичко, Ю.В. Пересадько, В.С. Лысенко. – Киев: Высшая школа. Главное изд-во, 1987. – 375 с.
7. Наземцев, А.С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2 [Текст]: учеб. пособие / А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко. – Москва: «Форум», 2007. – 304 с.
8. ГОСТ 2.782 – 96 (ИСО 1219 – 91). ЕСКД. Обозначения условные графические. Машины гидравлические и пневматические. Введен 01.01.1998. – Москва: Изд-во стандартов, 2002. – 11 с.

THE SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF A SCREW PILE SINKING

I.V. Lazuta, E.F. Lazuta

Abstract. This article provides the structure and mathematical description of the system of automatic control of a screw pile sinking. The structure of the system is represented as a scheme with parametric relations between the blocks. The authors have proposed a mathematical model of a system consisting of separate subsystems' models, for which there are provided calculated schemes and differential equations. Considerable attention in the presented mathematical model is paid to the dependencies between the plurality of structural parameters of the system.

Keywords: automatic system, control, screw pile, piling mechanism, hydraulic transmission, differential equation.

References

1. Krutov V.I. *Avtomaticheskoe regulirovanie i upravlenie dvigatelej vnutrennego sgoraniya* [Automatic regulation and control of internal combustion engines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1989. 416 p.
2. Denisova E.F. *Sistema avtomatizacii proektirovaniya osnovnykh parametrov ustrojstva upravleniya pogruzeniem vintovoj svai*. Diss. kand. tekhn. nauk [System of computer-aided engineering basic parameters of a device controlling a screw pile sinking]. Omsk, SibADI Publ., 2011. 146 p.
3. Arnold V.I. *Matematicheskie metody klassicheskoy mehaniki* [Mathematical methods of classical mechanics]. Moscow, Nauka Publ., 1989. 472 p.
4. Malinovskiy E.Y. *Raschet i proektirovanie stroitel'nykh i dorozhnykh mashin na JeVM* [Calculation and design of building and road machines on a computer]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1980. 216 p.
5. Anufriev I.E., Smirnov A.B., Smirnova E.N. *MATLAB 7* [MATLAB 7]. St. Petersburg, BHV-Petersburg Publ., 2005. 1104 p.
6. Fedorets V.A., Pedchenko M.N., Pichko A.F., Peresadko Y.V., Lysenko V.S. *Gidroprivody i*

gidropnevmoavtomatika stankov [Hydraulic circuits, hydraulic and pneumatic control systems of machines]. Kiev. High School Publ., 1987. 375 p.

7. Nazemcev A.S., Rybal'chenko D.E. *Pnevmaticheskie i gidravlicheske privody i sistemy. Chast' 2* [Pneumatic and hydraulic circuits and systems. Part 2]. Moscow, Forum Publ., 2007. 304 p.

8. GOST 2.782 – 96. *ESKD. Oboznachenija uslovnnye graficheskie. Mashiny gidravlicheskie i pnevmaticheskie* [State standart ISO 1219 – 91. ESKD. Graphical symbols. Hydraulic and pneumatic machinery]. Introduced 01/01/1998. Moscow: House of Standards Publ., 2002. 11 p.

Лазута Иван Васильевич (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, 2.368, e-mail: livne@mail.ru).

Лазута Екатерина Федоровна (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, 2.364, e-mail: lazutaef@mail.ru).

Lazuta Ivan Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, associate professor of the department "Automation of production processes and electrical engineering" of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira st., 5, e-mail: livne@mail.ru).

Lazuta Ekaterina Fedorovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical science, associate professor of the department "Mechanics" of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira st., 5, e-mail: lazutaef@mail.ru).

УДК 621.89:621.436

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МОТОРНОГО МАСЛА

А. П. Серков, С. В. Корнеев

Омский государственный технический университет (ОмГТУ), Россия, г. Омск.

Аннотация. Приводится алгоритм методики определения остаточного ресурса моторного масла автомобильного транспорта. Методика диагностирования моторных масел основана на технологиях оценки диагностических параметров системы «двигатель – моторное масло» методами капельной пробы и последующей цифровой обработке хроматограмм капельной пробы.

Ключевые слова: моторное масло, остаточный ресурс, автомобильный транспорт, капельная проба, цифровая обработка.

Введение

В соответствии с современными требованиями работоспособность моторных масел оценивается по браковочным показателям: вязкость, кинематическая вязкость, щелочное число, кислотное число, водородный показатель (рН), содержание нерастворимых примесей (осадка), диспергирующие свойства, температура вспышки в открытом тигле, содержание воды [1]. Диспергирующим свойством масла называется его способность препятствовать слипанию углеродистых частиц и удерживать их в состоянии устойчивой суспензии без выпадения шлама и образования отложений [1,2].

Описание алгоритма определения остаточного ресурса моторного масла

В практике технической диагностики двигателей экспресс-методы оценки диагностических параметров системы «двигатель – моторное масло» методом

капельной пробы по внешнему виду позволяют определять диспергирующие свойства (ДС) моторного масла по соотношению диаметров его ядра и диффузии. Одним из рекомендованных средств экспресс-диагностики, в котором используется метод капельной пробы, является лаборатория экспресс-анализа качества и состояния моторных масел и рабочих жидкостей гидросистем ЛАМА-7.

Визуальная (субъективная) оценка и недостаточная точность определения количественного показателя ДС не позволяют выполнять достоверные оценки. Методика диагностирования и определения остаточного ресурса моторного масла [3,4] основана на технологиях оценки диагностических параметров системы «двигатель – моторное масло» методами капельной пробы и последующей цифровой обработкой хроматограмм капельной пробы. Методика выполняется согласно алгоритма (рис. 1).

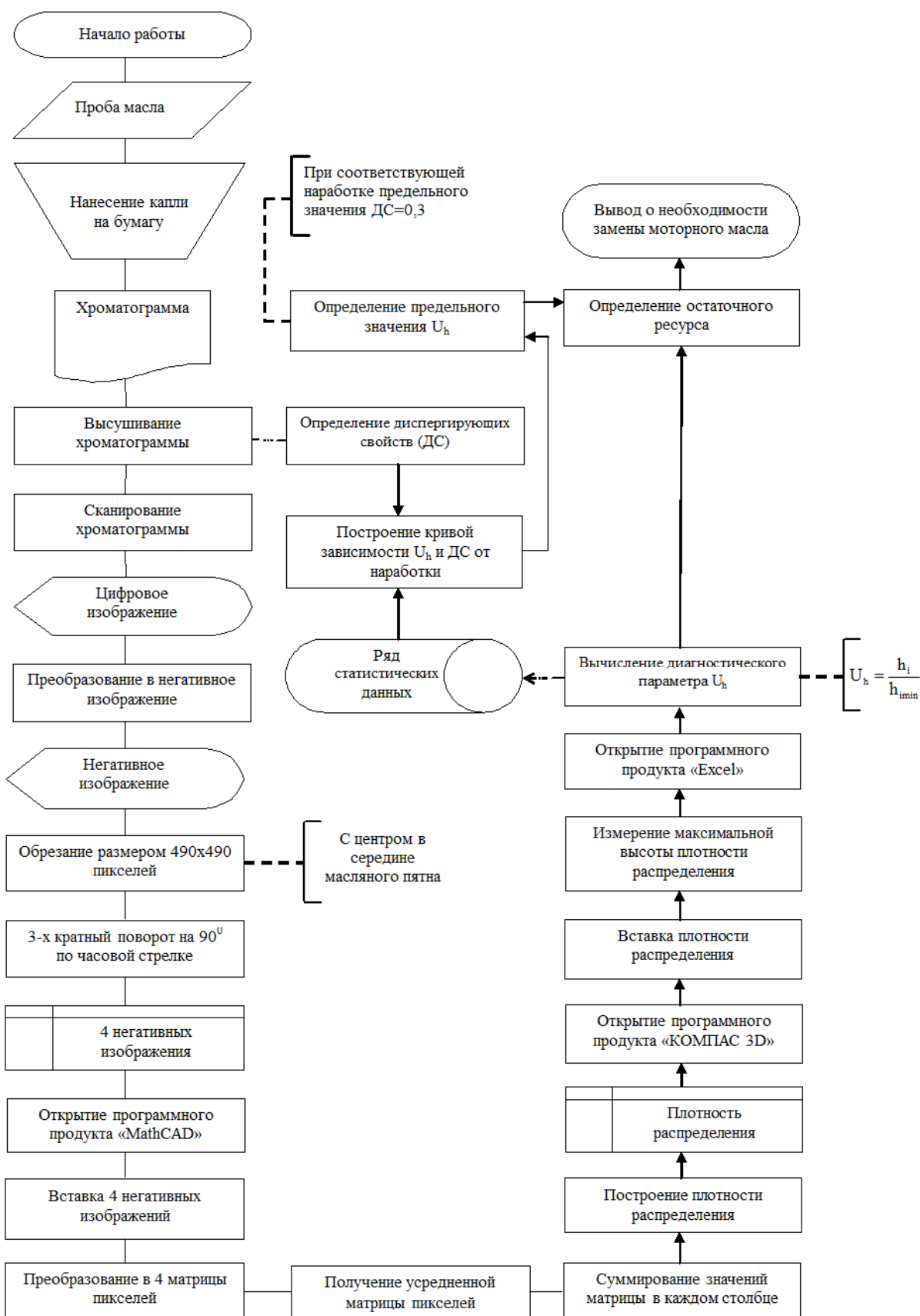


Рис. 1. Схема алгоритма методики диагностирования и определения остаточного ресурса моторного масла

В начале работы выполняется забор пробы масла из картера двигателя. Затем капля масла наносится на фильтровальную бумагу беззольный фильтр «синяя лента». Согласно ЛАМА-7, диспергирующие свойства моторных масел оцениваются после высушивания расплывающейся капли масла в течение определенного времени по величине размеров ядра и диффузионной зоны масляного пятна, получаемого на хроматографической бумаге, и их соотношению. Используя сканирующее устройство, получается цветное цифровое изображение. Полученное позитивное изображение преобразуется в негативное и обрезается квадратом с центром в середине масляного пятна при помощи средств персонального компьютера (ПК) с последующим 3-х кратным поворотом изображения на 90° по часовой стрелке для исключения неравномерности растекания

масляного пятна. Таким образом, получено 4 изображения одного масляного пятна, что дает возможность уменьшить влияние неравномерного растекания масляного пятна.

Полученное негативное цифровое изображение вставляется в документ «MathCAD». В среде «MathCAD» осуществляется преобразование цифрового черно-белого изображения масляного пятна в массив пикселей, число элементов которого, равно общему количеству пикселей с различной яркостью и контрастностью в негативном черно-белом изображении. Далее для получения матрицы, элементы которой соответствуют яркости отдельных пикселей цифрового изображения, с помощью оператора `submatrix(M,.....)` вырезается заданная часть матрицы и программой создается матрица с заданным количеством значений (рис. 2).

```
READ_IMAGE("Г:\Мои документы\Диссертация\Пробы Газпром\Негатив\1.jpg")
```

```
i := 0..489 j := 0..489
```

```
m := READ_IMAGE("Г:\Мои документы\Диссертация\Пробы Газпром\Негатив\1x90.jpg")
```

```
Matrix1 := submatrix(M,0,489,0,489)
```

Matrix1 =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	...

```
Matrix2 := submatrix(m,0,489,0,489)
```

Matrix2 =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	...

```
mm := READ_IMAGE("Г:\Мои документы\Диссертация\Пробы Газпром\Негатив\1x180.jpg")
```

```
Matrix3 := submatrix(mm,0,489,0,489)
```

Matrix3 =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	...

```
MM := READ_IMAGE("Г:\Мои документы\Диссертация\Пробы Газпром\Негатив\1x270.jpg")
```

```
Matrix4 := submatrix(MM,0,489,0,489)
```

Matrix4 =

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...

Рис. 2. Считывание значений яркости и контрастности пикселей цифровых хроматограмм моторного масла и построение плотностей распределений

После чего осуществляется суммирование элементов (значений матрицы) в каждом столбце, сглаживание и построение графика зависимости интенсивности яркости пикселей от их координат, который является

плотностью распределения яркости и контрастности пикселей цифрового негативного отпечатка масляного пятна в заданном интервале (рис. 3).

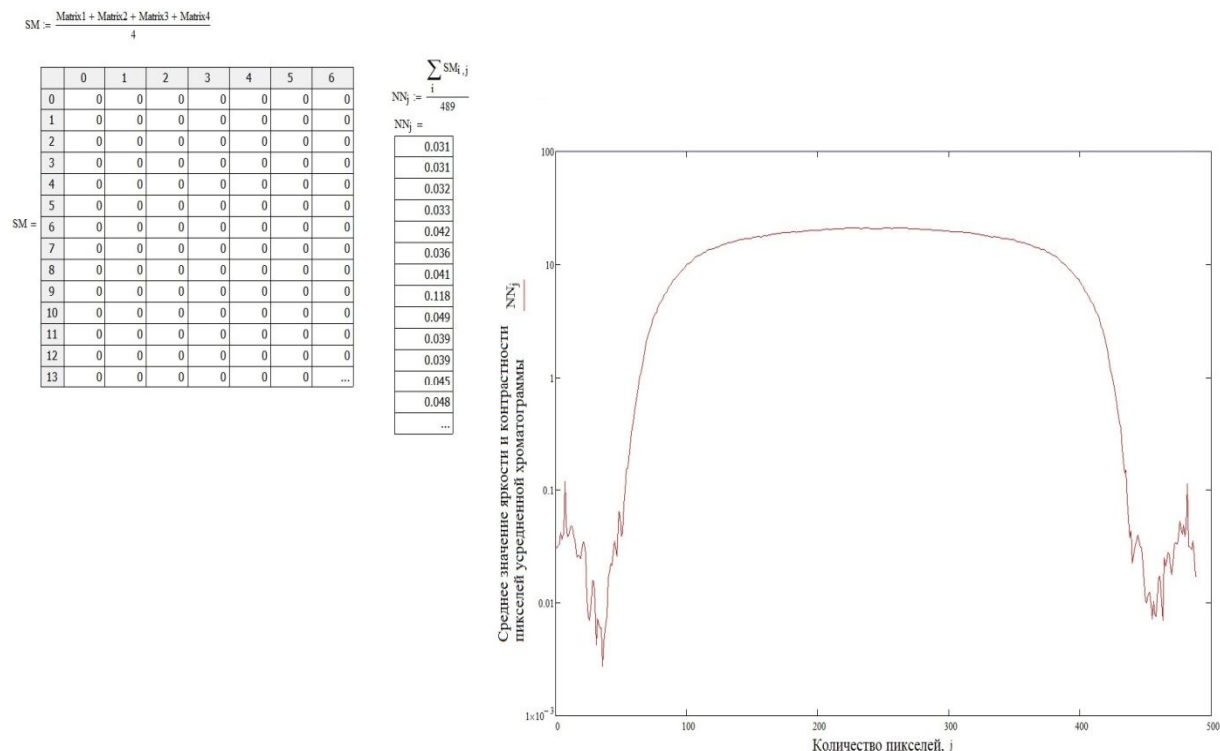


Рис. 3. Получение плотности распределения пикселей по среднему значению 4-х матриц

Полученная плотность распределения интенсивности NN_j от координаты j и негативное изображение масляного пятна вставляется в документ «Kompas-3D» определяется высота графика h возможностями «Kompas-3D» (рис.4) – характеризует обобщенные показатели для всего масляного пятна (степень загрязнения, окисления и моющие свойства) и ориентировочно среднее значение, возле которого группируются все возможные значения.

При наличии набора статистических данных предложенной методикой определяется предлагаемый диагностический параметр показателей качества моторного масла:

- U_h – диагностический параметр, характеризующий изменения высоты плотности распределения двумерного массива - определяется измерениями высот h графиков плотностей распределений двумерных массивов и характеризует их увеличение по отношению к начальному значению, соответственно, характеризует

соотношения диаметров ядра и зоны диффузии хроматограмм

$$U_{hi} = \frac{h_i}{h_{min}}, \quad (1)$$

где h_i – измеренное значение высоты плотности распределения двумерного массива, мм; h_{min} – высота графика двумерного массива, соответствующая измерению при минимальной наработке с момента замены моторного масла, мм.

Для назначения срока замены моторного масла по его фактическому состоянию необходимо определить соответствующие браковочные показатели. Одним из таких показателей может служить показатель ДС, предельное значение которого составляет 0,3 согласно рекомендациям лаборатории ЛАМА-7.

Сопоставляя результаты ДС по назначению предельной наработки моторного масла по его фактическому состоянию с диагностическим параметром U_h может быть назначено его предельно допустимое значение.

Известно, что для количественной оценки величины остаточного ресурса агрегата или узла машины достаточно определить приращение измеряемого значения диагностического параметра относительно его начального значения [5]. При этом величина остаточного ресурса, в том числе и для моторного масла может определяться по формуле [6]

$$t_{\text{ост}} = t_i \cdot \left[\left(\frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{U_i - U_H} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] \quad (2)$$

где $t_{\text{ост}}$ – остаточный ресурс моторного масла, мото.-ч; t_i – текущая наработка с момента замены моторного масла, мото.-ч; α – показатель степени, характеризующий интенсивность изменения принятого для оценки диагностического параметра во всем

диапазоне наработки (определяет условия эксплуатации, режимы работы и техническое состояние двигателя); U_{max} – предельное значение диагностического параметра системы «двигатель - моторное масло»; U_{min} , U_H – начальное значение диагностического параметра системы «двигатель - моторное масло»; U_i – измеренное значение диагностического параметра системы «двигатель - моторное масло».

Показатель степени α можно определить, используя выражение [7]

$$\alpha_i = \frac{\ln(\Delta U_{i+1} / \Delta U_i)}{\ln(t_{i+1} / t_i)} \quad (3)$$

где ΔU – приращение диагностического параметра.

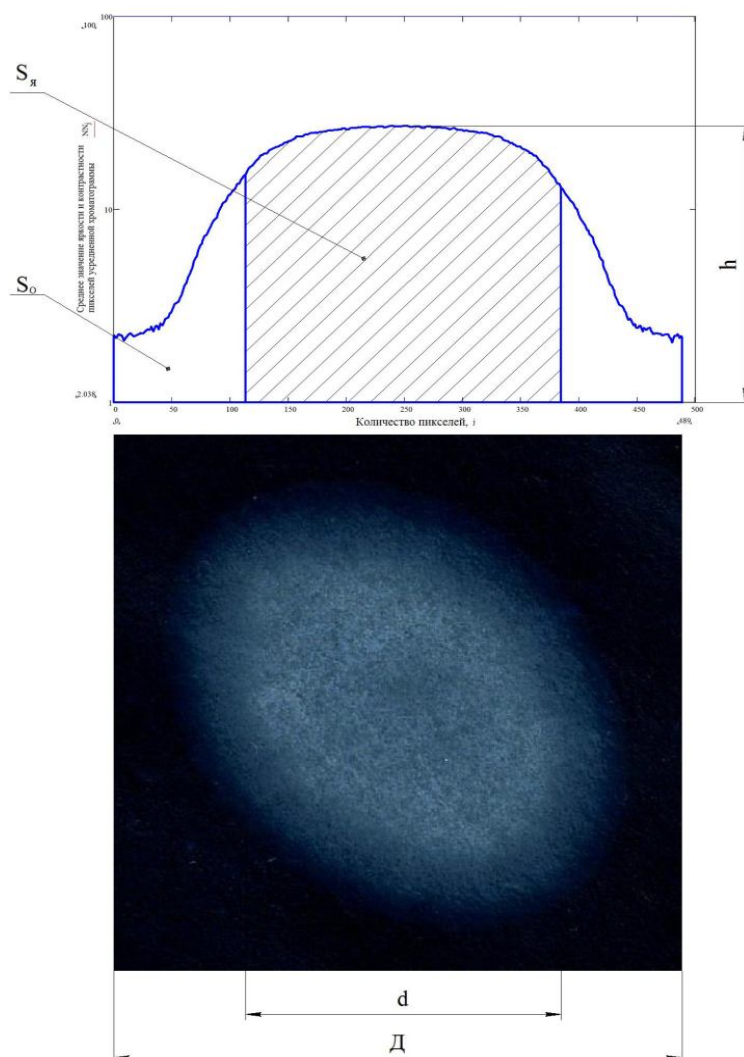


Рис. 4. Основные характеристики плотностей распределения пикселей в массивах цифровых отпечатков капельных проб моторного масла

Заключение

Используя полученные данные об остаточном ресурсе моторного масла, становится возможным его замена по фактическому состоянию, что снизит эксплуатационные расходы, повысит ресурс и надежность автомобильного транспорта, контроль качества обслуживания, может быть дана оценка необходимости и объема технических воздействий.

Библиографический список

1. Корнеев, С.В. О работоспособности моторных масел / С.В. Корнеев // Двигателестроение. – 2004. – № 4. – С. 36-38.
2. Васильева, Л.С. Автомобильные эксплуатационные материалы: Учебник для вузов / Л.С. Васильева. – М.: Транспорт, 1986. – 279 с.
3. Корнеев, С.В. Обеспечение работоспособности двигателей рациональной заменой моторных масел / С.В. Корнеев, А.П. Серков, В.И. Иванов // Строительные и дорожные машины. – 2012. – № 9. – С. 29-32.
4. Иванов, В.И. Обеспечение долговечности двигателей дорожно-строительных машин путем выбора и назначения рациональных сроков замены моторных масел / В.И. Иванов, А.П. Серков // Омский научный вестник. Серия: приборы, машины и технологии. – 2011. – № 2(100). – С. 157 – 162.
5. Михлин, В.М. Управление надежностью сельскохозяйственной техники / В.М. Михлин. – М.: Колос, 1984. – 213 с.
6. Иванов, В.И. Техническая диагностика строительных, дорожных и коммунальных машин: Учебное пособие / В.И. Иванов, В.Н. Кузнецова, Р.Ф. Салихов, Е.А. Рыжих. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2006. – Часть 1. Теоретические основы технической диагностики СДКМ. – 132 с.
7. Максименко, А.Н. Диагностика строительных, дорожных и подъемно-транспортных машин: Учебное пособие / А.Н. Максименко, Г.Л. Антипенко, Г.С. Лягушев – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 302 с.

THE ALGORITHM FOR DETERMINING THE REMAINING RESOURCE OF MOTOR OIL

A. P. Serkov, S. V. Korneev

Abstract. There is presented an algorithm of the method for determining the remaining resource of motor oil of automobile transport. Method for diagnosing motor oils is based on the technology of assessing diagnostic parameters of the system "engine - motor oil" using methods of drop test and subsequent digital processing of drop test's chromatograms.

Keywords: motor oil, remaining resource, automobile transport, drop test, digital processing.

References

1. Korneev S.V. O rabotosposobnosti motornyh masel [On the performance of motor oils]. *Dvigatelistroenie*, 2004, no 4. pp. 36-38.
2. Vasil'eva L.S. Avtomobil'nye jekspluatacionnye materialy: Uchebnik dlja vuzov [Automobile maintenance supplies]. Moscow, Transport, 1986. 279 p.
3. Korneev S.V., Serkov A.P., Ivanov V.I. Obespechenie rabotosposobnosti dvigatelej racional'noj zamenoj motornyh masel [Ensuring the operability of engines with a rational substitution of motor oils]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2012, no 9. pp. 29-32.
4. Ivanov V.I., Serkov A.P. Obespechenie dolgovechnosti dvigatelej dorozhno-stroitel'nyh mashin putem vybora i naznachenija racional'nyh srokov zameny motornyh masel [Enduring longevity of engines of construction machinery by selecting and setting rational terms for replacement of motor oils]. *Omskij nauchnyj vestnik. Serija: pribory, mashiny i tehnologii*, 2011, no 2(100). pp. 157 – 162.
5. Mikhlin V.M. *Upravlenie nadezhnost'ju sel'skhozajstvennoj tehniki* [Management of agricultural machinery's reliability]. Moscow, Kolos, 1984. 213 p.
6. Ivanov V.I., Kuznecova V.N., Salihov R.F., Ryzhih E.A. *Tehnicheskaja diagnostika stroitel'nyh, dorozhnyh i kommunal'nyh mashin: Uchebnoe posobie* [Technical diagnostics of building, road and municipal machines]. Omsk, Izd-vo SibADI, 2006. Chast' 1. Teoreticheskie osnovy tehnicheckoj diagnostiki SDKM. 132 p.
7. Maksimenko A.N., Antipenko G.L., Ljagushev G.S. *Diagnostika stroitel'nyh, dorozhnyh i podemno-transportnyh mashin: Uchebnoe posobie* [Diagnostics of building, road, carrying and lifting machines: textbook]. St. Petersburg, BHV-Peterburg, 2008. 302 p.

Корнеев Сергей Васильевич (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Нефтехимические технологии и оборудование» Нефтехимический институт, Омский государственный технический университет (ОмГТУ) (644050, Омск, ул. Мира, 11, e-mail: Nhi@omgtu.ru).

Серков Артем Петрович (Россия, г. Омск) – соискатель кафедры «Эксплуатация и сервис технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: t7_85@mail.ru).

Korneev Sergei Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Petrochemical technology and equipment" of Petrochemical Institute, Omsk State Technical University (OmSTU) (644050, Omsk, Mira St., 11, e-mail: Nhi@omgtu.ru).

Serkov Artem Petrovich (Russian Federation, Omsk) – candidate for a degree of the department "Operation and service of technological machines and complexes in construction", The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira st., 5, 2.368, e-mail: t7_85@mail.ru).

РАЗДЕЛ IV

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 334.012

ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ФОРМ И МОДЕЛЕЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ В КОНТЕКСТЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ (НА ПРИМЕРЕ ОМСКОЙ ОБЛАСТИ)

П.Б. Гринберг¹, Т.М. Безбородова², Д.Н. Кортаев³, К.Н. Полещенко¹

¹Омский институт организации и технологии производства двигателей, Омск, Россия;

²Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова,

Омский институт (филиал), Омск, Россия;

³ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Омск, Россия.

Аннотация. *Выполнен критический анализ проводимой в России инновационной политики. Актуализированы задачи развития креативного потенциала участников инновационной деятельности и менеджмента интеллектуальных ресурсов. Рассмотрены возможности интеллектуализации региональной экономики посредством вовлечения в инновационную деятельность представителей креативного класса. В контексте стратегии социально-экономического развития Омской области предложен проект создания центра дизайна инноваций - точки роста креативного (творческого) кластера.*

Ключевые слова: *инновационная политика, региональная экономика, интеллектуализация, сектор интеллектуальных услуг, творческих кластер.*

*«Инновации не случаются.
Необходимо добиться, чтобы они случились».
Брайан Твисс*

Введение

Актуальность безотлагательного перевода региональных экономик на инновационный путь развития диктуется усугубляющимся экономическим кризисом в совокупности с нарастающей волной внешнеэкономических санкций в отношении России. Мировая практика доказала, что инновационное развитие является безальтернативной стратегией повышения конкурентоспособности субъектов хозяйствования различного уровня [1–3]. Стратегической целью инновационной деятельности, как хозяйственных субъектов, так и региона социально-экономического развития территорий в целом, является обеспечение выпуска конкурентоспособной продукции, ориентированной как на внутреннее, так и внешние рынки стран, сохраняющие и развивающие с Россией экономические отношения. Однако достижение указанной цели невозможно без интеллектуально-ресурсной поддержки производства и эффективного менеджмента интеллектуальных ресурсов.

В настоящий момент Россия столкнулась с целым комплексом проблем, сфокусированных на базе системных вызовов, которые сводятся к готовности страны не только сформировать на базе превентивных инноваций опережающие производственные и социальные системы, но и осуществить их интеграцию с информационными, интеллектуальными и инновационными системами XXI века.

Инновационная деятельность невозможна без соответствующих организационных форм, включающих бизнес-инкубаторы, центры трансфера технологий, технопарки, технополисы и иные формы, способствующие зарождению, развитию инновационно-ориентированных идей и их коммерциализации [4]. В ситуации дефицита времени, необходимости мобилизации ресурсов, требуются нестандартные высокоэффективные решения на региональном уровне. Тем более, что показавшие себя как эффективные западные модели и концепции инновационного развития, как например, модель тройной

спирали Г. Ицковца [5], а также концепция открытых инноваций Г. Чезборо [6], по ряду причин в России не получили должного развития.

Проблемы инновационной политики в РФ и регионах

Критический анализ проводимой в России инновационной политики показывает следующие негативные аспекты: доминирует объектно-ориентированный, фрагментарный подход к развитию инновационной деятельности (Сколково, Новосибирский технопарк); не скоординирован выбор приоритетов и направлений в использовании сырьевых и интеллектуальных ресурсов; не разработаны механизмы инновационного прорыва страны к шестому технологическому укладу; не определены главные ориентиры инновационной модернизации; не разработаны программы импортозамещения продукции на федеральном, региональном, корпоративном уровнях.

В тоже время вполне осознанным к настоящему времени стал приоритет региональной инновационной политики над приоритетом построения федеральной инновационной системы. Для признания этого, вроде бы очевидного факта, потребовались годы. Следует признать, что в настоящее время начинает формироваться вторая волна создания отечественных технопарков. При этом основной акцент делается на создание стартапов. Однако проблемы остаются ровно теми же, что и были выявлены ранее. Наряду с нехваткой перспективных стартапов, посевных инвестиций, включения в инновационные проекты бизнес-ангелов, все более острой становится проблема интеллектуализации трудовых ресурсов с целью включения их в инновационную деятельность. Следует отметить, что отечественные технопарки как инфраструктурный элемент инновационной системы приобретают все более важную роль при формировании кластерных отношений на уровне региональной социально-экономической и инновационной политики.

Исключительность институционального аспекта развития региональных инновационно-ориентированных экономик, к сожалению, нивелирует другие важные проблемы, касающиеся развития креативного потенциала участников инновационной деятельности, менеджмента интеллектуальных ресурсов и, что особенно важно, их концентрации. Именно обеспечение концентрации интеллектуальных ресурсов, как показывает успешный опыт развития

инновационной деятельности на территории Томской, Новосибирской, Нижегородской, Самарской и ряда других областей, позволяет на базе технопарков, промплощадок и бизнес-инкубаторов создавать стартапы и эффективно действующие малые инновационные предприятия. Приведенные примеры показывают, что инновационные идеи рождаются только тогда, когда сформированы локальные площадки с высокой концентрацией интеллектуальных ресурсов. При этом принципиальным остается вопрос, каким образом соединить генераторов инновационных идей, разработчиков и потребителей, особенно, на территории тех регионов, которые не обладают столь существенным интеллектуальным потенциалом и уже сложившейся и действующей инновационной инфраструктурой.

В связи с этим весьма перспективной в качестве ориентира является модель пентаспирали, разработанная уральскими учеными [7]. Эта модель, помимо государства, науки и бизнеса, включает в себя отдельными элементами образование и гражданское общество, которые придают ей признаки универсальности (в отличие от модели «тройной спирали»).

Модель пентаспирали исходит из того, что центральным элементом является «инновационный человек», который через свои требования к развитию окружающей среды связывает все составляющие «пентаспирали» через свое сознание, интересы и потребности. Следует уточнить, что «инновационный человек» – это не синоним «инновационного предпринимателя», это значительно более емкая и многоаспектная категория, означающая, что каждый гражданин страны должен стать «адаптивным» к постоянным изменениям: в собственной жизни, в экономическом развитии, в развитии науки и технологий, – активным инициатором и производителем этих изменений» [8].

Системообразующая роль «инновационного человека», его интеллектуального и креативного потенциала в развитии хозяйственных субъектов до настоящего времени не стала ключевым фактором успешного развития различных институциональных форм инновационной деятельности. Основным ресурсом развития инновационной экономики принято считать знания, их производство и распространение. Указанные факторы и составляют основу «интеллектуализации».

По мнению авторов, разделяющих мнение С.Н. Бордулина, в целом «интеллектуализацию» можно рассматривать в следующих аспектах: Как фактор инновационного развития и развития конкурентоспособности и инвестиционной привлекательности регионов;

- как уровень организационно - технологического развития процессов автоматизации, информатизации, интеграции и состояния среды, позволяющий внедрять передовые интеллектуальные технологии, осуществлять управление производственными и социальными системами предприятий и региона с помощью систем управления информацией, проектами, качеством и инновациями, инженерии знаний;

- как основной тренд промышленно-инновационного развития для повышения конкурентоспособности промышленных предприятий и их инновационного развития;

- как одно из направлений региональной информационной политики по развитию инновационного потенциала информационной сферы региона;

- как обязательное условие обеспечения конкурентоспособности производственных и социальных систем предприятий и региона на интеллектуальном и инновационном уровне;

- как процесс организации и использования в качестве стратегических ресурсов инновационного развития региона интеллектуального, информационного, человеческого ресурса;

- как способ привлечения различных инвестиций: венчурных, ИТ-инвестиций, интеллектуальных, образовательных;

- как развитие интеллектуальных видов деятельности и стимулирование творческой деятельности, формирование соответствующих инфраструктур и сред, кластеров и виртуальных отраслей экономики: наука, образование, культура.

- как управление инновациями в рамках управления знаниями и нематериальными активами предприятия и региона.

- как способ реализации институциональных, кардинальных и локальных инноваций, создания региональных инновационных кластеров.

Последнее положение отражает необходимость разработки комплексного подхода к реализации региональной кластерной политики. При этом целью формирования различных институциональных форм организации

инновационной деятельности становится не только (и не столько) коммерциализация разработок, но и интеллектуализация трудовых ресурсов, необходимых для наращивания инновационного потенциала региона. Тем самым для повышения эффективности инновационного развития регионов, особенно для регионов с невысоким уровнем инновационного развития, как упоминалось выше, приоритетной задачей становится разработка таких институций, которые бы способствовали локализации трудовых и интеллектуальных ресурсов и их воспроизводства, а также обладали следующими возможностями: эффективной коммерциализации новейших разработок; механизмами производства и распространения новых знаний; приобретением субъектами инновационного процесса профессиональных и уникальных компетенций.

В связи с этим инновационную деятельность необходимо рассматривать не только как средство резкого повышения конкурентоспособности хозяйствующих субъектов, но и как возможность изменения условий жизни путем создания и распространения инноваций. Инновация как социокультурный феномен отражает с одной стороны повышение потребностей, с другой стороны – возможности развития и приобретения дополнительных компетенций, а также повышения общекультурного уровня и, что особенно важно, с неизбежностью сопровождается формированием инновационных коммуникаций и инновационной культуры.

Следует также отметить, что культурологическому аспекту инновационной деятельности также не уделяется должного внимания. Данная причина негативным образом влияет на процессы интеллектуализации трудовых ресурсов и не способствует вовлечению представителей креативного класса к решению творческих задач в рамках обозначенных выше институциональных форм организации инновационной деятельности.

Между тем опыт зарубежных стран, а также ряда российских регионов показывает, что эффективному вовлечению представителей креативного класса, в частности, дизайнеров и художников способствует создание креативных (творческих) кластеров [9,10]. Специфика формирования подобных кластеров определяется особенностями сложившихся традиций и региональными культурными ресурсами.

Таким образом, сфера культуры может рассматриваться сквозь призму ее ресурсного потенциала, и этот потенциал может быть положен в основу кластерного развития конкретного российского региона. Кроме того, создание творческого кластера может благотворно повлиять как на социокультурную, так и экономическую ситуацию в регионах. Кластер является наиболее оптимальной формой для инновационного развития любой сферы деятельности (от индустрии культурных продуктов до нанотехнологий). Именно кластеризация создает для взаимодействия творчества и коммерции особые условия, предоставляя весьма благоприятные условия развития и одного и второго.

Многофункциональный центр дизайна инноваций

Наличие в регионе творческого кластера создает возможности не только выхода за рамки творчества ради творчества. Творческие кластеры могут рассматриваться в качестве «точки сборки» региональной инновационной системы за счет эффективного межкластерного взаимодействия уже существующих на территории промышленных кластеров путем привлечения различных творческих практик и технологий развития интеллектуальных ресурсов. Это позволит добиться синергетического эффекта за счет развития креативной индустрии, который возникает в результате маркетинговых стратегий, обработки информации с помощью мультимедиа (что приводит к тиражированию), при налаженном взаимодействии с менеджерами, с партнерами, инвесторами [9]. Тема самым производством и потреблением результатов творческого труда становятся звеньями одной цепи, и это открывает новые перспективы как для сферы культуры, так и для интеллектуализации региональной экономики.

В связи с этим представляется целесообразным и своевременным формирование на территории Омского региона творческого кластера, имеющего в своей основе пакет инновационных проектов. В частности, одним из таких проектов может выступить проект создания центра дизайна инноваций, сочетающий в себе элементы методики решения творческих задач, методологию разработанного авторами когнитивного дизайна, авторскую методологию адаптивного проектирования, а также ряд решений в области промышленного дизайна.

Актуальность указанного проекта связана с реализацией не задействованных ресурсных возможностей повышения конкурентоспособности Омской области за счет наращивания потенциала сектора интеллектуальных услуг и включением его в зоны развития промышленных территориальных кластеров. В то время как в США и Великобритании, Германии и Франции доля сектора интеллектуальных услуг в занятости уже превышает 4–6%, а в ВВП составляет 7–12% и продолжает расти, в России на долю сектора всего приходится около 1–1,5% от совокупной занятости в экономике и 2,5–3% валового продукта (ВВП). В условиях не прекращающегося оттока трудоспособного населения Омской области за ее пределы, главным образом, молодежи, сокращения количества квалифицированных кадров, а также в отсутствие системы подготовки инновационно-ориентированных специалистов, риски выполнения запланированных целей и задач, обозначенных в «Стратегии социально-экономического развития Омской области на период до 2025 г.», значительно возрастают. Кроме того, задача формирования «точки роста» - сектора экономики, основанного на интеллектуальной деятельности, в этих условиях становится практически невыполнимой.

Значение для региональной экономики сектора интеллектуальных услуг является весьма существенным. Как свидетельствует мировая практика, доля добавленной стоимости в выручке (объеме реализации) продукции за счет сектора интеллектуальных (знаниеёмких) услуг, может превосходить аналогичные показатели по обрабатывающей промышленности до 1,5-2 раз.

Очевидно, что создание и развитие сектора интеллектуальных услуг невозможно без квалифицированных кадров с креативным мышлением, творческих личностей, способных решать нестандартные задачи, умеющих принимать решения в ситуации неопределенности и нацеленных на новаторскую деятельность.

В отсутствие в регионе сложившейся инновационной системы, способной, помимо наукоемкой продукции, «создавать» и инновационный HR, задача разработки механизмов интеллектуального обеспечения высокотехнологических производств и сектора интеллектуальных услуг, выходит на первый план.

Соотнося перечисленные проблемы с амбициозными целями, обозначенными в «Стратегии социально-экономического

развития Омской области на период до 2025г.» в части п. 3.3.3. Третий этап «Омская область – Центр культуры и ворота в Азию, «Сибирский лидер роста» (2020 – 2025 годы)», следует отметить что, сегодня вход на практически любой относительно развитый рынок с каким бы то ни было товаром требует от поставщика соответствия дизайна продукции требованиям стиля, утвердившегося на рынке: принципам конструктивных решений; особенностям декоративно-художественного оформления; системе символических значений, приписываемым вещам; и т.п.

Особенно жесткие требования к поставщикам предъявляются в центрах рынков предметов дизайна. Речь идет об особенном культурном и экономическом (хотя он может стать и институциональным, а также технологическим) «дизайн-барьере» вхождения на азиатские рынки. Отсюда следует необходимость уделить пристальное внимание развитию промышленного дизайна как инструменту повышения рыночной эффективности производств. Если при этом принять во внимание высокую вероятность запуска в ближайшие сроки следующего цикла развития промдизайна, а также растущий уровень интеграции промышленного дизайна в инженерное проектирование (конструирование и инжиниринг), то становится очевидным, что отставание в развитии сектора услуг промышленного дизайна создает риск снижения конкурентоспособности региональной экономики в целом.

Промышленный дизайн является еще одним мощным, кроме традиционного «НИР – НИОКР – демонстрационные проекты – масштабирование – коммерциализация», механизмом инновационного развития.

В частности, эффективность включения в инновационную цепочку художественного и промышленного дизайна позволило предприятию - ОАО «Омский НИИД» разработать новый класс материалов многофункционального назначения – наноструктурированных топокомполитов, обладающих значительным инновационным потенциалом для решения задач импортозамещения, а также повысить конкурентоспособность целого ряда изделий.

Являясь по своей сути синтезом художественного конструирования и эргономики, промышленный дизайн выступает: как этап процесса производства; как научная деятельность, непрерывающийся поиск инновации технологий и материалов; как искусство, выступающее в качестве источника

визуальных, эстетических и концептуальных элементов для данного направления проектной деятельности.

Кроме того, область промышленного дизайна, являясь постдисциплинарной областью и, находясь в фокусе пересечения инновационно-ориентированной производственной и интеллектуальной деятельности, открывает возможности для «инновационного рывка», как минимум, в четырех взаимосвязанных и критически важных для региона направлениях: разработка наукоемких промышленных технологий и создания на их основе малых инновационных предприятий; подготовка кадров с акцентом на развитие дизайн-мышления; развитие инфраструктуры инновационной деятельности за счет кооперации промышленных кластеров; создание новых рабочих мест.

Создание центра дизайна, курируемого Правительством Омской области и составляющего структурный элемент творческого кластера, является наиболее приемлемой формой институализации деятельности по формированию и развитию сектора интеллектуальных услуг и развитию креативной индустрии. Кроме того, данный проект направлен на поддержку реализации положений, обозначенных в принятой «Стратегии социально-экономического развития Омской области на период до 2025г.» (Приложение к Указу Губернатора Омской области от 24 июня 2013 года № 93), в части пп. **5.1.3. Кластер высокотехнологичных компонентов и систем:** создание кластерной ассоциации для повышения эффективности взаимодействия между участниками кластера высокотехнологичных компонентов и систем, привлечения инвестиций, взаимодействия с органами исполнительной власти Омской области и федеральными органами исполнительной власти; создание парка высокотехнологичных компонентов, обеспечивающего доступ резидентов к инфраструктуре, упрощение взаимодействия между организациями и снижение административных барьеров.

Веским основанием (заделом) для создания центра дизайна инноваций, по нашему мнению, являются: опыт разработки проектов в области создания наукоемких материалов и наличия портфеля предложений для решения задач импортозамещения; результаты деятельности в области промышленно-художественного дизайна и, в частности,

проведенная в ноябре прошлого года выставка П.Б. Гринберга «Наноарт. Горизонты научного искусства»; опубликованные результаты исследований в области проектирования наукоемких технологий; наличие авторского пакета образовательных программ и тренингов креативно-личностного развития.

К настоящему времени сформирован междисциплинарный коллектив, способный решать нестандартные задачи в области дизайна, инновационного проектирования, психологического и консалтингового сопровождения бизнес-проектов: материаловедов, художников, физиков, математиков, философов, психологов, производителей и ученых. Основная идея проекта заключается в «инкубировании» и реализации инновационных проектов выпуска конкурентоспособной продукции за счет использования креативного потенциала. Целью проекта является создание коммуникативной площадки, способствующей привлечению интеллектуальных ресурсов для производства импортозамещающей продукции с высокой добавленной стоимостью за счет развития сектора интеллектуальных услуг в области промышленного дизайна, инжиниринга, образовательного и управленческого и инновационного консалтинга. Уникальность проекта состоит в создании центра многофункционального назначения, выполняющего функции культурно-образовательного центра, центра инжиниринга и консультативного центра.

Реализация проекта позволит решить ряд следующих задач, обозначенных в «Стратегии социально-экономического развития Омской области до 2025 года»: содействие формированию «точки роста» - сектора экономики, основанного на интеллектуальной деятельности, запланированного на период 2020 – 2025 гг., согласно документу «Стратегия социально-экономического развития Омской области на период до 2025г.» в части п.3.3.3. Третий этап «Омская область – Центр культуры и ворота в Азию, «Сибирский лидер роста» (2020 – 2025 годы)»; содействие кооперации промышленных кластеров с выходом на создание малых инновационных предприятий согласно документу «Стратегия социально-экономического развития Омской области на период до 2025г.» в части п.5.6. Стимулирование развития малого и среднего предпринимательства «...Государственная поддержка секторам малого и среднего

предпринимательства должна способствовать повышению их ресурсного потенциала, технологическим инновациям, вертикальной кооперации субъектов малого и среднего предпринимательства с крупными организациями в рамках кластерного развития экономики Омской области»; содействие развитию культурно-образовательного пространства Омской области, согласно документу «Стратегия социально-экономического развития Омской области на период до 2025г.» в части п.6.3. Создание условий для культурного развития Омской области «...модернизация культурно-досуговой инфраструктуры, формирование системы многофункциональных культурных центров; «...создание условий для обеспечения равного доступа к культурным ценностям, творческой самореализации населения Омской области; создание «креативного барьера», препятствующего оттоку молодежи за пределы Омской области за счет привлечения к участию в инновационных, научных и социальных проектах согласно документу «Стратегия социально-экономического развития Омской области на период до 2025г.» в части 6.6. Развитие молодежной политики, физической культуры и спорта, оздоровление и отдых несовершеннолетних «...создание системы выявления, поддержки и сопровождения талантливой молодежи в различных сферах деятельности, создание и распространение эффективных моделей и форм включения молодых граждан в инновационную и научную деятельность».

Заключение

Таким образом, главной проблемой реализации кластерной политики развития территорий является проблема интеллектуализации региональной экономики. В рамках апробированных западными странами институциональных форм развития инновационной деятельности, таких как технопарки, промплощадки, бизнес-инкубаторы, действующие в рамках модели тройной спирали Г. Ицковца, хорошо зарекомендовавшей себя на западе, социально-экономическое и инновационное развитие регионов, за редким исключением, не представляется перспективным и не способно справиться с системными вызовами. В этих условиях требуются нестандартные решения, нацеленные на привлечение дополнительных интеллектуальных ресурсов, необходимых для быстрого запуска инновационных проектов, способных внести значительный вклад в повышение конкурентоспособности российских

регионов. Одним из таких решений, по нашему мнению, может являться создание на территории Омской области многофункционального центра дизайна инноваций в рамках творческого кластера, критически необходимого региону для реализации принятой стратегии социально-экономического развития.

Библиографический список

1. Давила, Т. Работающая инновация: как управлять ею, измеряя ее и извлекать из нее выгоду / Т. Давила, М. Дж. Эпштейн, Р. Шелтон / Пер. с англ. Зоря. Под научн. Ред. Козицкой Т.Ф. – Днепропетровск: Баланс Бизнес Букс, 2007. – 320 с.
2. Яковец, Ю.В. Эпохальные инновации XXI / Ю.В. Яковец. – М.: Экономика, 2004. – 444 с.
3. Медведев, В.П. Инновации как средство обеспечения конкурентоспособности организации / В.П. Медведев. – М.: Магистр, 2009. – 159 с.
4. Инновационное развитие: экономика, интеллектуальные ресурсы, управление знаниями / Под ред. Б.З. Мильнера. – М.: ИНФРА, 2009. – 624 с.
5. Ицковиц, Г. Тройная спираль. Университеты – предприятия – государство. Инновации в действии / Г. Ицковиц / пер. с англ. под ред. А.Ф. Уварова. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2010. – 238с.
6. Чезборо, Г. Открытые инновации / Г. Чезборо / Пер. с англ. В.Н. Егорова – М.: Поколение, 2007. – 336 с.
7. Федоров, М.В. Пентаспираль – концепция производства знания в инновационной экономике / М.В. Федоров, Э.В. Пешина, О.В. Гредина, П.А. Авдеев // Управленец. – 2012. – № 3/4. – С. 4–12.
8. Инновационная Россия – 2020 (Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года). Проект. – М. Минэкономразвития России, 2010г.
9. Гнедовский М. Творческие индустрии: Стратегия инновационного развития [Электронный ресурс] / М. Гнедовский. – Режим доступа: <http://old.interstudio.ru/projects/doclads/gnedovsky.htm>.
10. Гнедовский М. Творческие индустрии: Политический вызов для России [Электронный ресурс] / М. Гнедовский. – Режим доступа: <http://www.strana-oz.ru/2005/4/tvorcheskie-industrii-politicheskiy-vyzov-dlya-rossii>.

EFFICIENCY OF INSTITUTIONAL FORMS AND MODELS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT IN THE CONTEXT OF INTELLECTUALIZATION OF REGIONAL ECONOMY (ON THE EXAMPLE OF THE OMSK REGION)

P.B. Grinberg, T.M. Bezborodova,
D.N. Korotaev, K.N. Poleshchenko

Abstract. The authors have carried out critical analysis of the innovative policy pursued in Russia. Problems of developing creative potential of participants of innovative activity and management of intellectual resources are actualized. There are

considered possibilities of intellectualization of regional economy by means of involving representatives of a creative class in innovative activity. In the context of the strategy of social and economic development of the Omsk region there is proposed a project of creating the center of innovations' design - points of a creative cluster's growth.

Keywords: innovative policy, regional economy, intellectualization, sector of intellectual services, creative cluster.

References

1. Davila T., Epshtein M.Dj., Shelton R. *Rabotayuschaya innovaciya: kak upravlyat eyu, izmeryaya ee i izvlekat iz nee vigodu* [The working innovation: how to operate it, measuring it and make benefit from it]. Per. s angl. Zorya. Pod nauchn. Red. Kozickoi T.F. Dnepropetrovsk. Balans Biznes Buks, 2007, 320 p.
2. Yakovec Y.V. *Epochnie innovacii XXI* [Epoch-making innovations of XXI]. Moscow, Ekonomika, 2004, 444 p.
3. Medvedev V.P. *Innovacii kak sredstvo obespecheniya konkurentosposobnosti organizacii* [Innovations as instrument for ensuring competitiveness of organization]. Moscow, Magistr, 2009, 159 p.
4. *Innovacionnoe razvitie: ekonomika, intellektualnie resursi, upravlenie znaniyami* [Innovative development: economy, intellectual resources, management of knowledges]. Pod red. B.Z. Milnera. Moscow, INFRA, 2009, 624 p.
5. Ickovic G. *Troinaya spiral. Universiteti – predpriyatiya – gosudarstvo. Innovacii v deistvii* [Threefold spiral. Universities –enterprises – government. Innovations in operation]. Per. s angl. pod red. A.F. Uvarova. Tomsk: Izd-vo Tomsk. gos. Un-ta sistem upr. i radioelektroniki, 2010, 238 p.
6. Chezboro G. *Otkritie innovacii* [Opening innovation]. Per. s angl. V.N. Egorova. Moscow, Pokolenie, 2007, 336 p.
7. Fedorov M.V., Peshina E.V. Gredina O.V. Avdeev P.A. *Pentasprial – koncepciya proizvodstva znaniya v innovacionnoi ekonomike* [Pentasprial – the concept of producing knowledge in innovative economy]. *Upravlenec*, 2012, no 3/4, pp. 4–12.
8. *Innovacionnaya Rossiya – 2020 (Strategiya innovacionnogo razvitiya Rossijskoi Federacii na period do 2020 goda)*. Proekt [Innovative Russia – 2020 (Strategy of innovative development of the Russian Federation for the period till 2020). Project.]. Moscow, Minekonomrazvitiya Rossii, 2010.
9. Gnedovskii M. *Tvorcheskie industrii: Strategiya innovacionnogo razvitiya* [Creative industries: Strategy of innovative development]. Available at: <http://old.interstudio.ru/projects/doclads/gnedovsky.htm>.
10. Gnedovskii M. *Tvorcheskie industrii: Politicheskii vivot dlya Rossii* [Creative industries: Political export for Russia]. Available at: <http://www.strana-oz.ru/2005/4/tvorcheskie-industrii-politicheskiy-vyzov-dlya-rossii>.

Гринберг Петр Борисович (Россия, Омск) – генеральный директор Омского научно-исследовательского института организации и технологии производства двигателей (644021, г. Омск, ул. Богдана Хмельницкого, 283, e-mail: oniid@mail.ru).

Безбородова Татьяна Михайловна (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой Менеджмент ФГБОУ ВПО РЭУ им. Плеханова Омский институт (филиал) (644009, г. Омск, ул. 10 лет Октября, 195/18, e-mail: btmich1802@gmail.com).

Коротяев Дмитрий Николаевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Экономика и проектное управление в транспортном строительстве» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: drums99@mail.ru).

Полезченко Константин Николаевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Омского научно-исследовательского института организации и технологии производства двигателей (НИИД) (644021, г. Омск, ул. Богдана Хмельницкого, 283, e-mail: oniid@mail.ru).

Grinberg Petr Borisovich (Russian Federation, Omsk) – director general of Omsk research institute of the organization and production technology of producing engines (644021, Omsk, Bogdan Khmelnytsky St., 283, e-mail: oniid@mail.ru).

Bezborodova Tatiana Mikhailovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, associate professor, head of the department of Management, Omsk branch of REU named after Plekhanov (644009, Omsk, to st. is 10 years of October, 195/18, e-mail: btmich1802@gmail.com).

Korotaev Dmitriy Nikolaevich (Omsk, Russia) – doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department “Economy and project management in transport construction” of The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: drums99@mail.ru).

Poleshchenko Konstantin Nikolaevich (Omsk, Russia) – doctor of technical sciences, professor, senior researcher of Omsk research institute of the organization and technology of engines’ production (NIID) (644021, Omsk, Bogdan Khmelnytsky St., 283, e-mail: oniid@mail.ru).

УДК 656:338.5

ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ И РАСЧЕТА СТАВОК АЭРОПОРТОВЫХ СБОРОВ

В.А. Губенко¹, С.А. Бородулина²

¹ «Институт Образования и Науки», Некоммерческое партнерство содействия развитию образования и науки «Институт образования и науки», Россия, г. Москва;

²Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики (НИИ ВШЭ) Россия, г. Санкт-Петербург.

Аннотация. В статье описана актуальность исследования методов и принципов формирования и расчета ставок аэропортовых сборов. Представлены дискуссионные вопросы в данной сфере исследования: мнения специалистов авиакомпаний, аэропортовых предприятий, экспертов и аналитиков рынка, приведен обзор зарубежного рынка аэропортовых сборов и способов их применения. Изложены рекомендации авторов в части совершенствования формирования данного компонента авиационного тарифа.

Ключевые слова: аэропортовые сборы, аэропортовые предприятия, стратегия развития, ценообразование, государственное регулирование, авиационные перевозки.

Введение

Вопросы формирования и расчета ставок аэропортовых сборов являются наиболее обсуждаемыми на отраслевых форумах и в профессиональной периодике. Величина аэропортовых сборов является важным показателем, оказывающим влияние на интересы различных субъектов рынка. С одной стороны, она формирует стоимость авиационного билета и оказывает влияние на предпочтения конечного потребителя

воздушных перевозок, формируя его спрос на данные услуги. С позиции авиакомпании стоимость аэропортовых сборов (составляя от 20 % в себестоимости перевозок) существенно влияет на ее конкурентоспособность на рынке авиaperевозок, а также и на финансовый результат (с учетом метода и стратегии ценообразования). Рост аэропортовых сборов в региональных аэропортах на фоне низкого и продолжающегося снижения

пассажиропотока, снижает доступность региональных авиаперевозок. Для аэропортового предприятия такие сборы являются существенным элементом выручки (составляя от 20 до 50 % ее величины). Ситуация с ростом аэропортовых сборов в настоящее время описывается в виде замкнутого круга: рост сборов = рост тарифов на авиаперевозки → снижение пассажирооборота → рост себестоимости единицы услуги → рост тарифов и т.д. Однако неучет факторов инфляции, пассажиропотока приводит к резкому снижению эффективности функционирования аэропортовых предприятий и их инфраструктуры.

Кроме того, с учетом основного предназначения аэропортовых сборов, а обычно они направляются на развитие и обслуживание аэропорта, его реконструкцию, строительство новых взлетных полос и терминалов, обеспечение безопасности, уменьшение загрязнения прилегающей к аэропорту местности, понижение уровня шума, оптимальный их размер для покрытия расходов по указанным выше направлениям является важным и для авиакомпаний и для пассажиров, как конечных потребителей услуг высокого уровня безопасности. Согласно Положений ИКАО [1] в стоимость аэропортовых сборов закладываются расходы аэропортов на выполнение определенных видов услуг. Однако, данные расходы имеют существенный разброс на территории России для региональных аэропортов, а также аэропортов, входящих в топ-список 10 крупнейших аэропортов страны. Существенное влияние на удельные расходы и соответственно уровень аэропортового

сбора оказывает и величина пассажиропотока аэропортов.

Способы исследования проблемы

В настоящее время в аэропортовых предприятиях регулированию подлежат такие услуги, как обеспечение взлета, посадки и стоянки воздушных судов; предоставление аэровокзального комплекса; обеспечение авиационной безопасности; обслуживание пассажиров; обеспечение заправки воздушных судов авиационным топливом; хранение авиатоплива. Регулирование осуществляется в соответствии с Федеральным законом «О естественных монополиях» и постановлением Правительства РФ «О государственном регулировании цен (тарифов, сборов) на услуги субъектов естественных монополий в транспортных терминалах, портах, аэропортах и услуги по использованию инфраструктуры внутренних водных путей». Однако, по данным [2], доля расходов авиакомпаний на оказание регулируемых услуг в аэропортах Российской Федерации в общих расходах авиаперевозчиков на осуществление авиационных перевозок незначительна и составляет от 6 % (для крупных авиакомпаний) до 12 % (для региональных авиаперевозчиков). Процесс принятия решения по тарифам для конкретного аэропорта прозрачен: начиная с предварительных обсуждений по выработке этих решений с представителями аэропортов, потребителями их услуг, заинтересованными министерствами и ведомствами и заканчивая их участием в заседаниях правления ФСТ. Схема регулирования доходов аэропортов, включая аэропортовые сборы, приведена на рисунке 1 [3].

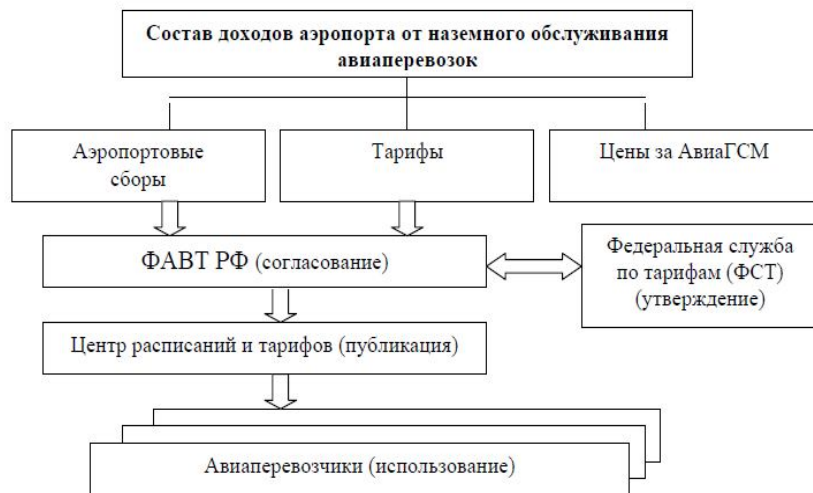


Рис.1. Схема государственного регулирования доходов аэропортов

На основании приказа №241 [4] ставки аэропортовых сборов устанавливаются для каждого аэропорта РФ отдельно; тарифы за наземное обслуживание устанавливаются для каждой организации ГА, предоставляющей работы (услуги) по наземному обслуживанию в аэропортах. Ставки аэропортовых сборов согласовываются в ФАВТ РФ, утверждаются в Федеральной службе по тарифам (ФСТ) РФ, регистрируются и публикуются. Аэропортовые сборы обычно включают в себя сборы за: взлет-посадку; пользование аэровокзалом; коммерческое обслуживание пассажиров; обеспечение авиационной безопасности. В настоящее время различия в уровнях аэропортовых сборов связаны с разными условиями хозяйствования аэропортов и, в первую очередь, различным объемным показателем пассажиропотока, географическим положением, уровнем развитости сети авиаперевозок.

Ставки тарифов, утверждаемые ФСТ России, являются предельно максимальными. Это дает возможность аэропортам применять тарифы на уровне либо ниже утвержденных предельных максимальных уровней в целях привлечения новых авиакомпаний, что особенно актуально для развития сети региональных перевозок.

Исследование динамики аэропортовых сборов в сравнении с ростом индекса инфляции, авиационных тарифов и прочих показателей приведены на рисунке 2. В целом следует отметить, что рост регулируемых ставок аэропортовых сборов не превышает показателей инфляции в стране. Важнейшим фактором сдерживания роста ставок аэропортовых сборов является повышение эффективности государственного отраслевого регулирования деятельности аэропортов, в том числе по вопросам управления федеральным имуществом аэропортов, а также оптимизации сертификационных требований к их деятельности.

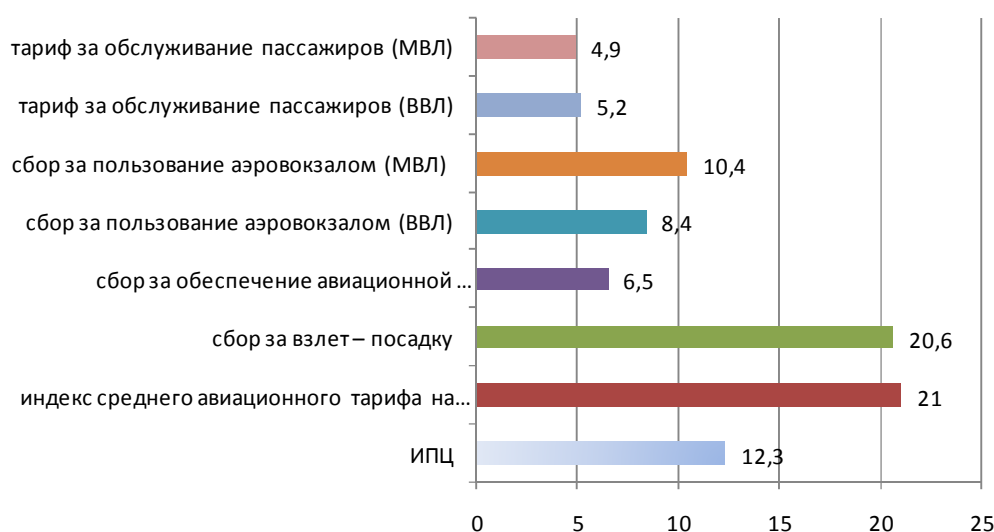


Рис. 2. Динамика аэропортовых сборов с 1997 по 2013 гг. [5]

В 2013 году была начата разработка методологической базы по переходу на долгосрочную модель регулирования тарифов на услуги субъектов естественных монополий в аэропортах. В конце 2013 года было принято первое долгосрочное решение по аэропорту Пулково, которое обеспечило финансовую сбалансированность деятельности ООО «Воздушные Ворота Северной Столицы» в условиях реализации масштабной реконструкции аэропорта Пулково в рамках Соглашения о создании, реконструкции и эксплуатации объектов,

входящих в состав имущества аэропорта Пулково, на основе государственно-частного партнерства с Правительством Санкт-Петербурга и ОАО «Аэропорт «Пулково» [5]. Кроме того, данный подход позволил обеспечить прозрачность ценовой политики в отношении регулируемых сборов в долгосрочном периоде, а также явился фактором сдерживания роста расходов авиаперевозчиков в соответствующем долгосрочном периоде.

Проект постановления Правительства, подготовленный ФСТ в конце 2014 года, снял

государственное регулирование тарифов в Московском авиаузле в связи с подготовкой концессий с операторами аэропортов [6]. Крупнейшие авиакомпании России — группа "Аэрофлот", "Трансаэро", S7 выступили против отмены госрегулирования, предупреждая, что соответствующее решение неизбежно приведет к росту тарифов на авиаперевозки.

Приказ №238-т/2 [7] утвердил Методические указания по вопросу государственного регулирования сборов и тарифов на услуги субъектов естественных монополий в аэропортах, которые содержат методику расчета экономически обоснованных затрат и нормативной прибыли, учитываемых при формировании регулируемых тарифов на услуги субъектов естественных монополий в аэропортах, а также Порядок расчета тарифов (индексов к действующему уровню тарифов) на данные услуги. Они предназначены для использования Федеральной службой по тарифам и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющими государственное регулирование сборов и тарифов, субъектами естественных монополий, оказывающими услуги в аэропортах и обеспечивают возможность установления аэропортовых сборов и тарифов на долгосрочный период регулирования не превышающий 5 лет в случае реализации долгосрочной инвестиционной программы, связанной с улучшением текущего состояния материально-технической базы и перспективами развития аэропорта, а также необходимостью внедрения инновационных технологий, обеспечивающих повышение эффективности деятельности регулируемых сборов и тарифов.

Основные изменения в подходе к государственному ценовому регулированию деятельности аэропортов на ближайшие годы связаны с внедрением в практику названных методологических подходов, которые позволят обеспечить развитие аэропортовой и аэродромной инфраструктуры, а также прозрачность принимаемых органами регулирования естественных монополий тарифных решений в сфере аэропортовой деятельности. Безопасное и эффективное функционирование аэропортов в России определяется состоянием их материально-технической базы, которая в ряде регионов по оценкам специалистов находится в критическом состоянии, а уровень износа основных производственных фондов

составляет 80-100 % [5]. Выделяемые средства из федерального бюджета не способны полностью покрыть потребность аэропортов в модернизации инфраструктуры и поддержании производственной базы на достаточно высоком техническом уровне, что определяет существенное отставание отечественных авиаперевозок от зарубежных конкурентов и не достаточно обеспечивает потребности растущей экономики страны.

Кроме того, на наш взгляд вопросы совершенствования подходов к формированию ставок аэропортовых сборов должны учитывать и зарубежный опыт ценообразования в аэропортовом бизнесе. Российские аэропорты, в отличие от зарубежных, взимают сборы непосредственно с авиакомпаний, поэтому они изначально входят в стоимость перелета. Аэропортовые сборы, взимаются более чем в 120 странах мира. Иногда эти сборы уже включены в общую стоимость билета, поэтому являются незаметными для пассажиров. В некоторых странах местные жители платят за сборы меньше, чем иностранные туристы, а иногда и вообще освобождаются от них. В среднем, аэропортовые сборы составляют 10-20 долларов с каждого билета, но иногда доходят и до 150.

В Европе размеры аэропортовых сборов определяются руководством конкретного аэропорта. Аэропорт устанавливает ту сумму, какую он посчитает необходимой. Признавая большое значение постоянных усилий аэропортовых властей по повышению эффективности обслуживания пассажиров, европейские авиакомпании в то же время протестуют против увеличения аэропортовых сборов. Ассоциация европейских авиакомпаний (AEA) провела анализ таких сборов и выяснила, что в крупных аэропортах величина сборов с авиакомпаний значительно превосходит затраты на обслуживание пассажиров. По данным маркетинговой службы авиакомпании Ryanair, аэропортовые сборы во Франции на 700 % выше, чем в Испании, на 200 % - чем в Италии и на 90 % - чем в Германии. Авиакомпании с низкими тарифами часто запрашивают более выгодные условия обслуживания в зарубежных аэропортах. К примеру, в аэропорту Ниццы 16 компаний-лоукостеров, их доля в обслуживании – 33 %. Руководство других региональных аэропортов, к примеру, Марселя и Женевы, также планирует аналогично аэропорту Ниццы ввести у себя упрощенную систему

наземного обслуживания, более точно отвечающую нуждам авиакомпаний с низкими тарифами.

Однако крупные авиакомпании являются жесткими противниками таких инициатив и требуют от аэропортов полной прозрачности формирования аэропортовых сборов. Так, аэропортам отводится все большая роль в достижении цели, которую ставят перед собой европейские лоукостеры, – существенно снизить прямые эксплуатационные расходы. Но заключаемые этими компаниями договора с местными властями оспариваются конкурирующими с ними авиаперевозчиками, работающими по традиционным схемам.

Как показало исследование рынка в *Aviation Week*, Франция меняет ставку сборов с трансферных пассажиров в ответ на настойчивые требования всех заинтересованных сторон, в особенности авиакомпании-флагмана Air France и управляющей компании парижского аэропорта им. Шарля де Голля. Данная мера призвана повысить конкурентоспособность французской авиатранспортной отрасли на фоне растущей экспансии турецких и ближневосточных авиаперевозчиков и хабов. 1 апреля 2015 года ставка была снижена на 50%, с 2016 г. сбор будет аннулирован. Аналогичная ситуация характерна и для голландского Schiphol [8].

Результаты исследования

В связи с этим необходимо определиться, какие цели и стратегические позиции в перспективе будет выполнять политика ценообразования аэропортовых предприятий в части ставок сборов за аэропортовое обслуживание, как она будет согласовываться с Транспортной стратегией, с планами и прогнозами авиаперевозок грузов и пассажиров. Это будет определять и основополагающие принципы ценообразования аэропортов. Если ставки сборов формируются с целью эффективной работы аэропорта в условиях рыночной экономики, они должны быть ориентированы на прибыль. Если ориентиры смещаются в сторону максимального привлечения к работе базовых авиакомпаний – стратегические ориентиры предполагают адекватный прирост доли рынка, что несовместимо с ростом цен, включая аэропортовые сборы.

Если ставки сборов – это инструмент государственного регулирования в отношении субъекта естественной монополии, находящегося в федеральной собственности,

то должны быть созданы условия, основанные на принципах поддержки деятельности аэропортов в различных регионах страны. Причем, как показывает практика, эта поддержка должна включать в себя прямые и косвенные государственные субсидии из бюджетов всех уровней, а также необходимые источники финансовых средств для обеспечения безопасной эксплуатации аэропорта (аэродрома).

В настоящее время продолжается поиск баланса интересов всех заинтересованных сторон – субъектов данного рынка. Недопустимым является смещение целей: рост прибыли вместо высокого уровня безопасности полетов. При формировании аэропортовых сборов необходимо учитывать множество факторов, определяющие существующие методы ценообразования и отраслевые особенности. К особенностям аэропортовых предприятий, определяющих необходимость их учета при разработке методов формирования и обоснования аэропортовых сборов, можно отнести следующие:

1. Большинство аэропортов России принадлежит РФ или передано в региональную собственность. Многие аэропорты выделены из базирующихся в них авиакомпаний.

2. Для предприятий аэропортового бизнеса характерен невысокий пассажиропоток, значительная концентрация которых наблюдается в столичных аэропортах [9].

3. Высокая доля постоянных издержек, приводящая к высоким тарифам, в силу слабо зависящих от масштаба аэропорта сертификационных требований.

4. Высокие значения арендных ставок на земельные участки (кадастровая оценка) и аэродромную инфраструктуру (экспертная оценочная стоимость), являются обременительными для региональных аэропортов с невысокими показателями пассажирооборота.

5. Сложность открытия новых международных рейсов, связанная с длительностью документооборота, особенностями международных соглашений, современными факторами геополитической нестабильности, провалом спроса в туристической отрасли, высокими валютными курсами.

6. Высокая степень износа имущества аэропортов, для региональных предприятий составляющая от 40 до 80 %, а в ряде случаев 80-100 %.

7. Аэродромный комплекс арендуется у федерального балансодержателя – ФГУП «АГА». Реконструкция аэродромов осуществляется за счет ФЦП «Развитие транспортной системы России». Многие аэропорты не осуществляли модернизации в течение последних 15-20 лет.

8. Различия в форме собственности на имущество аэропортовых предприятий (доля ФГУП более 50 %; акционерные общества; частная собственность; доля ФГУП 5 %), определяющие возможности выполнения задач ремонта и поддержания в технически исправном состоянии аэропортовой инфраструктуры.

Кроме того, в дальнейшем исследовании необходимо структурировать действующие аэропортовые предприятия в России по факторам, определяющим стратегии их ценообразования. Для этого, в числе прочих задач исследования, мы видим необходимость в изучении возможных вариантов стратегий ценообразования, которые могут быть применены к предприятиям отрасли с учетом их специфических особенностей.

Библиографический список

1. Политика ИКАО в отношении аэропортовых сборов и сборов за аэронавигационное обслуживание. Doc 9082 ИКАО. ISBN 978-92-9249-058-4. Опубликовано отдельными изданиями на русском, английском, арабском, испанском, китайском и французском языках Международной организацией гражданской авиации. 999 University Street, Montreal, Quebec, Canada H3C 5H7. ИКАО. – 2012. – 44 с.

2. Хвостунков, А.Н. Интервью с заместителем начальника Управления регулирования транспорта Федеральной службы по тарифам [Электронный ресурс] / А.Н. Хвостунков / – Режим доступа: fstrf.ru/press/interview/75/141202_Transport_RF_stat_yua_...

3. Волкова, Л.П. Управление деятельностью аэропорта / Л.П. Волкова. – М.: МГТУ-ГА, 2011. – 96 с.

4. Об аэронавигационных и аэропортовых сборах, тарифах за обслуживание воздушных судов в аэропортах и воздушном пространстве Российской Федерации" (вместе с "Перечнем и правилами формирования тарифов и сборов за обслуживание воздушных судов в аэропортах и воздушном пространстве Российской Федерации", "Правилами взимания рассчитанной на основе тарифов и сборов платы за обслуживание воздушных судов в аэропортах и воздушном пространстве Российской Федерации: Приказ Минтранса России от 17.07.2012 N 241 (ред. от 22.07.2013). // Справочно-правовая система «Консультант Плюс»: [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133861/

5. Хвостунков, А.Н. Формирование тарифов на услуги аэропортов: современные подходы и перспективы / А.Н. Хвостунков // Транспорт Российской Федерации. – 2014 – № 6 (55). – С. 35-39.

6. Митяев, А. ФСТ предлагает снять госрегулирование тарифов в Московском авиаузле // РГ, 2014 - 20 ноября.

7. Об утверждении Методических указаний по вопросу государственного регулирования сборов и тарифов на услуги субъектов естественных монополий в аэропортах: приказ Федеральной службы по тарифам от 31 октября 2014 г. N 238-т/2". [Электронный ресурс] / НПП Гарант-Сервис. – Режим доступа: Система ГАРАНТ:

<http://base.garant.ru/70843302/#ixzz3iQDx55I3>

8. Пьер, Спарако. Куда идут сборы?// Авиатранспортное обозрение. – 2014 – ноябрь.

9. Окунева, А.А. Логистика прогнозирования пассажиропотока на воздушном транспорте с учетом влияния региональных факторов / А.А. Окунева, С.А. Бородулина, В.К. Соколов // Логистика. – 2015 – № 3. – С. 42-49

APPROACHES TO FORMATION AND CALCULATION OF AIRPORT CHARGES' RATES

V.A. Gubenko, S.A. Borodulina

Abstract. The article describes the relevance of researching methods and principles of formation and calculation of the airport charges' rates. There are presented controversial issues in this area of research: opinions of airlines' experts, airport companies, experts and market analysts. The authors also provide an overview of the foreign market for airport charges and methods of their application. The authors present recommendations for improving formation of the air tariff's component.

Keywords: airport charges, airport companies, development strategy, pricing, government regulation, air transportation.

References

1. Policy of ICAO for airport collecting and charges for air navigation service. Doc 9082 ICAO. ISBN 978-92-9249-058-4. It is published by separate editions in the Russian, English, Arab, Spanish, Chinese and French languages International Civil Aviation Organization. 999 University Street, Montreal, Quebec, Canada H3C 5H7. ICAO, 2012. 44 p.

2. Khvostunkov A.N. *Intervju s zamestitelem nachal'nika Upravlenija regulirovanija transporta Federal'noj sluzhby po tarifam* [Interview with the deputy head of the department of transport's regulation of Federal Tariff Service]. Available at: fstrf.ru/press/interview/75/141202_Transport_RF_stat_yua_...

3. Volkova L.P. *Upravlenie dejatel'nost'ju ajeroporta* [Management of the airport's activity]. Moscow, MG TU-GA, 2011. 96 p.

4. About air navigation and airport charges, tariffs for service of aircrafts at the airports and air space of the Russian Federation" (together with "The list and rules of formation of tariffs and charges for service of aircrafts at the airports and air space of the Russian Federation", "Rules of collection of the service charges of aircrafts calculated on the basis of tariffs and collecting at the airports and air space of the Russian Federation: Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation of 17.07.2012 N 241 (edition of 22.07.2013). // Legal-reference system "Consultant Plus". URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133861/

5. Hvostunkov A.N. Formirovanie tarifov na uslugi ajeroportov: sovremennye podhody i perspektivy [Formation of tariffs for services of the airports: modern approaches and prospects]. *Transport Rossijskoj Federacii*, 2014, no 6 (55).

6. Mityaev A. The FST suggests to remove state regulation of tariffs in the Moscow air hub. RG, 2014, on November 20.

7. Approval of methodical instructions concerning state regulation of charges and tariffs for services of subjects of natural monopolies at the airports: the order of Federal Tariff Service of October 31, 2014 N 238-t/2. [Electronic resource] / NPP Garant-Service. – Access mode: System GUARANTOR: <http://base.garant.ru/70843302/#ixzz3iQDx55I3>

8. P'er Sparako. [Where there is collecting?]. *Aviatransportnoe obozrenie*, 2014, november.

9. Okuneva A.A., Borodulina S.A., Sokolov V.K. *Logistika Prognozirovaniya passazhiropotoka na vozdušnom transporte s uchetom vlijaniya*

regional'nyh faktorov [Logistics of forecasting passenger traffic on the air transport concerning influence of regional factors]. *Logistika*, 2015, no 3. pp.42-49.

Губенко Виктор Александрович (Россия, г. Москва) – аспирант по специальности «Экономика» в московском «Институте Образования и Науки», Некоммерческое партнерство содействия развитию образования и науки «Институт образования и науки». (127018, г. Москва, ул. Первомайская, д.58. стр.1, e-mail: gubenko@agaa.ru).

Бородулина Светлана Анатольевна (Россия, г. Санкт-Петербург) – доктор экономических наук, доцент Национального исследовательского университета Высшая школа экономики (НИИ ВШЭ) (198099, Санкт-Петербург, ул. Промышленная, 14, e-mail: piter00000@mail.ru).

Gubenko Victor Aleksandrovich (Russian Federation, Moscow) – graduate student majoring in Economics in Moscow Institute of Science and Education (127018, Moscow, Pervomayskaya St., 58. p. 1, e-mail: gubenko@agaa.ru).

Borodulina Svetlana Anatolievna (Russian Federation, St. Petersburg) – doctor of economic sciences, associate professor of the National research university Higher School of Economics (198099, St. Petersburg, Promyshlennaya St., 14. e-mail: piter00000@mail.ru).

УДК 331

УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-КРЕАТИВНЫМИ РЕСУРСАМИ В УСЛОВИЯХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА: СИСТЕМНО-СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД

Е.Ю. Легчилина, А.С. Платонова

Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), Росси, г. Омск.

Аннотация. В статье рассмотрена концепция системно-синергетического подхода в управлении интеллектуально-креативными ресурсами при поведении организационных изменений на предприятиях железнодорожного транспорта. Предложена структурно-функциональная модель системы управления интеллектуально-креативными ресурсами в условиях организационных изменений на основе системно-синергетического подхода. В качестве методологической основы управления интеллектуально-креативными ресурсами (ИКР) в условиях организационных изменений авторы предлагают применять принципы и требования синергетики и теории систем, которые редко привлекаются к решению задач такого рода.

Ключевые слова: управление интеллектуально-креативными ресурсами, организационные изменения, системно-синергетический подход.

Введение

Успех любых организационных изменений связан с вопросами управлением человеческими ресурсами. Именно интеллектуально-креативная составляющая человеческих ресурсов способствует эффективной реализации изменений, и наоборот недооценка роли интеллектуально-креативных ресурсов, неправильно определенные подходы, методы и формы управления приводит к формированию сопротивления организационным изменениям, что особо актуально для предприятий железнодорожного транспорта. Так, в Стратегии развития холдинга «РЖД» до 2030 года [1] отмечаются угрозы срыва реализации наиболее сложных организационных проектов, следствии недостатка новых разработок и научно-технических решений, том числе по причине текучести высококвалифицированного персонала.

Несмотря на большое число научных публикаций в области организационного развития и изменений среди зарубежных (Бекхарда Р., Маргулиса Н., Райа А., Френча В., Белла С., Берка У., Порраса Д., Робертсона П., Ваклавски Дж., Черча А., Майнорса А., Минахана М.) и российских авторов (Б. З. Мильнера Г. В. Широковой, Е. М. Панина, А. И. Пригожина), по экономике железнодорожного транспорта (Б.М. Лapidуса, В.Н. Лившица, Д. А. Мачерета), а также в области исследований интеллектуальных и креативных ресурсов (С.Кан, С. Моррис [2], М. Юндт [3,4], Б. Белла, У. Боуэна, Э. Дж. Доллана, Дж. Минцера, Э. Торроу, М. Фишера, А. Хоскинга, Л. Эдвинса, А.И. Добрынина, С.А. Дятлова, В. Л. Иноземцева, Р. И. Капелюшникова, М.М. Критского, С. М. Климова, О.Н. Мельникова, И. В. Катуниной и других), ряд теоретических и прикладных вопросов, связанных с управлением интеллектуально-креативными ресурсами предприятий железнодорожного транспорта в условиях организационных изменений, нуждаются в дальнейшем исследовании.

Целью настоящей статьи является исследование роли интеллектуально-креативных ресурсов при проведении организационных изменений, а также определение направлений совершенствования системы управления интеллектуально-креативными ресурсами на предприятиях железнодорожного транспорта.

На наш взгляд, наиболее соответствующим современным условиям является подход к совокупности работников организации как к ее интеллектуально-креативным ресурсам, являющихся одной из составляющих человеческих ресурсов [5]. Под интеллектуально-креативными ресурсами организации понимаем особую совокупность человеческих ресурсов, материальных и нематериальных факторов и средств, в частности накопленная информация и системы управления знаниями, обеспечивающие формирование и актуализацию способности компании к освоению и осмыслению своего окружения, которая выступает в качестве источника создания ценности в организации, формирует интеллектуальный капитал организации [6]. В современных условиях интеллектуально-креативный ресурс предприятия должен являться одним из основных факторов успеха организационных изменений, в том числе и на предприятиях железнодорожного транспорта.

Исследование организационных изменений на предприятиях железнодорожного транспорта

В настоящее время на предприятиях железнодорожного транспорта продолжается процесс реформирования. Происходит создание новых структурных подразделений. Так в июле 2009 года были созданы две дирекции на базе локомотивного хозяйства компании Дирекция тяги и Дирекция по ремонту тягового подвижного состава в качестве филиалов ОАО «РЖД», то есть произошло разделение эксплуатационной и ремонтной сфер деятельности для обеспечения эффективности хозяйственно-экономической деятельности холдинга ОАО «РЖД» [7,8].

В июле 2014 года 26 сервисных локомотивных депо ОАО «РЖД» перешли в управление ООО «СТМ-Сервис». По договору с РЖД компания обслуживает около 5 тыс. конструктивных единиц (8,2 тыс. секций) локомотивов различных серий: грузовых магистральных электровозов постоянного и переменного тока, грузовых маневровых и магистральных тепловозов, пассажирских электровозов и тепловозов [8]. Персонал локомотиворемонтных депо переведен в «СТМ-Сервис», расположенных на Свердловской, Западно-Сибирской, Южно-Уральской, Куйбышевской, Московской железных дорогах. Для всех работников, переходящих в «СТМ-Сервис», были сохранены ранее установленные в РЖД

социальные гарантии. Общая численность работников ООО «СТМ-Сервис» составит более 12 тыс. человек [7]. На существующей материально-технической базе и инфраструктуре были созданы самостоятельные коммерческие предприятия, выполняющих одну из важных функций – ремонт и обслуживание локомотивов различных серий. Интересная особенность заключается, в том что, для новых предприятий на рынке только один потребитель их услуг - это подразделения ОАО «РЖД». Кроме того, система управления холдингом ОАО «РЖД» осталась прежней – на принципах жесткой централизации.

С 2010 года в ОАО «РЖД» началась работа по снижению эксплуатационных затрат путем внедрения принципов бережливого производства на опытных полигонах железных дорог с последующим тиражированием опыта на всю сеть. Были утверждены и приняты к действию основные документы, определяющие реализацию проекта по внедрению бережливого производства: Концепция применения технологий бережливого производства в ОАО «РЖД», Программа поэтапного внедрения бережливого производства в ОАО «РЖД», Регламент управления Программой поэтапного внедрения бережливого производства в ОАО «РЖД», показатели эффективности внедрения бережливого производства на пилотных подразделениях.

В течение пяти лет были достигнуты определенные результаты, но большинство подразделений до сих пор находятся в стадии внедрения системы бережливого производства. С 2015 года проводится комплексная модернизация информационных технологий холдинга, кроме того 2015 год объявлен годом процессного управления. Проводимые компанией преобразования были направлены на повышение эффективности деятельности холдинга и оптимизацию издержек, а также на повышение качества услуг, предоставляемых компанией. На сегодня, эти задачи практически не достигаются, издержки сохраняются высокими, качество услуг остается средним и низким.

Кроме того, создание новых структурных подразделений, и коммерческих предприятий каждое из которых действует в своих интересах, привело к дополнительному согласованию договоров, условий перевозки, подачи/уборки вагонов, заполнения документов, подачи заявок, оказания услуг, не предусмотренных тарифами, и т.п. «В

результате вместо упрощения и оперативного решения вопросов, связанных с перевозкой, на что была изначально направлена реформа железнодорожного транспорта, мы пришли к схеме длительных, многоступенчатых согласований, что не соответствует современным требованиям рынка услуг»[7].

Кроме того, в ряде случаев наблюдается снижение управляемости бизнес-процессов.

По данным экспертного исследования, проведенного на ряде подразделений Западно-Сибирской железной дороги, выявлены основные причины неудач организационных изменений и организационных сопротивлений персонала. Отсутствие в подразделениях комплексного, системного подхода в реализации изменений. Общая стратегия организационного развития прописана, но не детализирована по подразделениям. Подразделения РЖД и новые предприятия каждый отвечают за свой объем работы, не видя общей цели и результата, то есть работают «на себя», а не на корпоративные цели. Руководитель подразделения «позволяет» реализовывать изменения, но не понимает своей роли в управлении изменениями. Кроме того, отмечаются интриги среди руководителей подразделений, «перетягивание одеяла полномочий». Для внедрения изменений в холдинге используется только административный ресурс. Внедрение происходит в соответствии с приказом.

Отсутствие понимания у работников, зачем именно это им нужно. Работники не заинтересованы работать по-другому, они думают: «Надо выбрать то, что требует меньше усилий и больше всего заметно», или «Надо придумать новое правило расчета показателя эффективности, чтобы показать, что мы добились изменений, и нарисовать красивые графики». Таким образом, акцент смещается на внешне видимые показатели, а не на эффективные. Изменяют рабочие места, но не меняют сознание персонала, а это значит, поддержки и, тем более, инициативы, креативности от персонала ждать придется очень долго. Исследования показали недооценку роли интеллектуально-креативного ресурса железнодорожных предприятий при проведении организационных изменений.

Методологические основы управления интеллектуально-креативными ресурсами в условиях организационных изменений: системно-синергетический подход

По мнению И. В. Катунинной [9], существует две группы причин,

препятствующие развитию и использованию интеллектуально-креативных ресурсов предприятий железнодорожного транспорта. Одна группа связана с недооценкой роли системы управления интеллектуально-креативными ресурсами, в том числе и в процессах реорганизации и изменениях. Вторая группа причин «обусловлена неразвитостью отмеченной системы».

Кроме того, И.В. Катунина определяет систему управления интеллектуальным ресурсом предприятий железнодорожного транспорта как организационную способность имеющую три уровня: функциональный, ключевой и динамический. Мы добавим к этой структуре еще и креативный уровень, направленный на поиск инноваций и активацию творческого, созидательного

потенциала организации, то есть позволяющий организации генерировать инновационные идеи. Следует отметить, что все группы ресурсов в организации без соприкосновения с интеллектуально-креативными ресурсами становятся «застывшим», «безжизненными», то есть только креативная (созидательная) составляющая интеллектуальных ресурсов способна обеспечить достижение целей организации [9].

Рассмотрим в качестве методологической основы управления интеллектуально-креативными ресурсами (ИКР) в условиях организационных изменений используем принципы и требования синергетики и теории систем, которые редко привлекаются к решению такого рода задач (рис. 1).

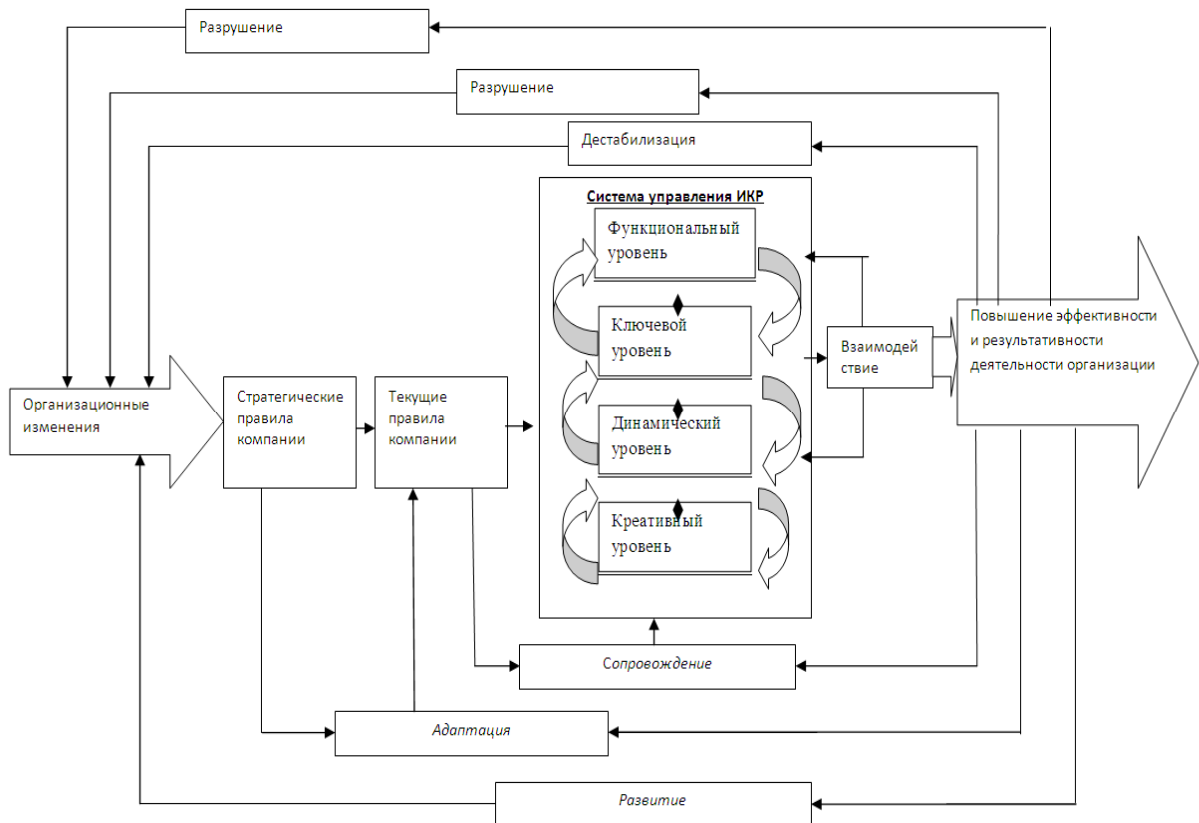


Рис. 1. Структурно-функциональная модель системы управления интеллектуально-креативными ресурсами в условиях организационных изменений на основе системно-синергетического подхода

Система управления ИКР (как любая открытая система) на воздействие (организационное изменение) может прореагировать двояким образом: либо усилить его (при усиливающей обратной связи), либо затормозить (при компенсирующей обратной связи). Таким

образом, необходимо изучать замкнутые контуры реагирования (петли обратной связи) системы, чтобы либо возбудить канал ускорения развития в нужном направлении, либо «снять тормоза», которые удерживают систему от самостоятельного, желаемого ей развития.

Системно-синергетический подход в управлении ИКР рассматривает взаимодействие элементов сложной системы, приводящее к возникновению синергетического эффекта. Под синергетическим эффектом понимается возрастание эффективности деятельности предприятий железнодорожного транспорта в результате организационных изменений в системе управления интеллектуально-креативными ресурсами, слияния отдельных элементов ИКР в единую систему за счет эмерджентности [10].

Рассмотрим основные составляющие структурно-функциональной модели системы управления интеллектуально-креативными ресурсами в условиях организационных изменений на основе системно-синергетического подхода. Подсистема «сопровождение» предполагает поддержание текущей структуры системы управления ИКР, исполнение текущих правил элементами системы ИКР. Здесь прослеживается тенденция к устойчивости обновленной системы интеллектуально-креативного ресурса. Дестабилизация системы ИКР включает противоречие текущих правил и изменившихся внешних и внутренних условий организации (тенденции неустойчивости). Подсистема «Адаптации» предполагает выработку и согласование новых текущих правил в системе управления ИКР.

«Разрушение системы» предполагает противоречие стратегических правил и изменившихся внутренних и внешних условий, следовательно отмечается крайняя неустойчивость системы управления ИКР. Разрушение и развитие системы новой системы управления ИКР включает синтез новых правил и структуры и внедрение правил как автокаталитическая реакция (точка бифуркации). По мнению Катуниной И.В., применение системно-синергетического подхода в системе управления ИКР при реализации организационных изменений возможно только при методологической готовности, которая проявляется «в наличии «бизнес-модели» интеллектуально-креативного ресурса предприятия [11]. Мы также придерживаемся данной точки зрения.

«Бизнес-модель» интеллектуально-креативного ресурса предприятия предполагает наличие четко сформулированной цели и миссии системы ИКР в общей стратегии организационных изменений компании, определение роли системы ИКР в организационных изменениях [9]. Кроме того, система ИКР должна

включать разветвленную подсистему организационной коммуникации, обеспечивающая двух- и многосторонние вертикальные, горизонтальные и диагональные связи внутри систему управления интеллектуально-креативного ресурса организации; подсистему развития ИКР и превращения его в интеллектуально-креативный капитал и соответственно конкурентное преимущество компании.

Анализ зарубежного опыта организационных изменений показывает, что из сложившихся личностей и подразделений в организации невозможно «лепить» что угодно, пренебрегая их желаниями и планами, убеждениями и ценностями, корневыми компетенциями и профессиональными амбициями [12].

Так, например ряд специалистов ищут решения данных проблем через психотехнологии, которые предлагают проводить изменения не на сознательно-логическом уровне, а на подсознательном (где обычно происходит сильное сопротивление изменениям, которое часто не поддается проявлению и разумному пониманию) [13]. Технологии включают два способа проведения изменений: «шоковое» изменение (подсознание изменяется за счёт перегрузки эмоционально-психологических каналов); «подстройки» и «ведения» (подсознание изменяется за счёт присоединения к нему через эмоционально-психологические каналы), то есть технологии предполагают не апеллировать сразу к сознательному мышлению, а менять миссии, ценности и убеждения, опыт и умения персонала. По сути, данные психотехнологии являются одними из элементов системы управления ИКР в условиях организационных изменениях.

Другие специалисты, рекомендуют социально ответственную реструктуризацию, которая предполагает намеренное изменение формальных взаимоотношений между элементами предприятия, подразумевающее использование одного или нескольких способов учета интересов всех его сторон, в том числе персонала предприятия [14]. Социально ответственная реструктуризация включает в себя реорганизацию трудовых процессов, уменьшение уровней управления и т.п., что по сути также относится к системе управления ИКР.

Заключение

Во-первых, в результате исследований выявлено, что формирование и развитие системы управления интеллектуально-

креативными ресурсами железнодорожных предприятий на основе системно-синергетического подхода - это основной путь к реализации организационных изменений.

Во-вторых, в сложившихся условиях на предприятиях железнодорожного транспорта вырисовывается целесообразность перехода от системы управления, основанной на принуждении, к системе, основанной на самоорганизации, то есть на принципах синергетики. Учитывая, что в основе успеха любых организационных изменений значительная роль принадлежит интеллектуально-креативному ресурсу представляется невозможным реализовывать данный потенциал, основываясь на сугубо кибернетическом, «субъект-объектном» подходе, при котором процесс управления предполагает приведение объекта в заданное субъектом состояние. Объективная интеллектуальная ограниченность субъекта управления обуславливает необходимость не принуждать систему ИКР к новому состоянию, а создавать благоприятные условия для того, чтобы система сама достигла будущего естественного состояния наиболее эффективным способом, основанным на синергетическом «субъект-субъектном» подходе как результате кооперативного действия всех уровней управления. В связи с этим, предложенный системно-синергетический подход в управлении интеллектуально-креативным ресурсом в условиях организационных изменений является особо актуальным.

Библиографический список

1. Стратегия развития холдинга «РЖД» до 2030 года / [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://doc.rzd.ru>, свободный.
2. Kang S.K., Morris S.S., Snell S.A. Relational archetypes, organizational learning, and value creation: extending the human resource architecture // *Academy of Management Review*. –2007. – N. 32 (1). – P. 236–256.
3. Subramaniam M., Youndt M. A. The influence of intellectual capital on the types of innovation capabilities // *Academy of Management Journal*. – 2005. – no 48 (3). – P. 450-463.
4. Youndt M.A., Subramaniam M., Snell S.A. Intellectual capital profiles: An examination of investments and returns // *Journal of Management Studies*. – 2004. – Vol. 41. – no 2. – P. 335–362.
5. Катунина, И.В. Интеллектуально-креативные ресурсы в управлении персоналом инновационного предпринимательства / И.В. Катунина, Е.Ю. Легчилина // *Менеджмент в России и за рубежом*. – 2012. – № 4. – С.116-123.

6. Легчилина, Е.Ю. Проблемы учета и оценки креативных ресурсов в кадровом менеджменте инновационного предпринимательства / Е.Ю. Легчилина // *Актуальные исследования*. – 2012. – № 1 (1). – С.27-31.

7. Реорганизация РЖД серьезно усложнила решение производственных вопросов – Мурманский порт [Электронный ресурс] / Режим доступа:

http://www.korabel.ru/news/comments/reorganizatsiya_rzhd.html, свободный

8. РЖД создает две новые дирекции [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.gudok.ru/news/transport/zd/?ID=847252>, свободный.

9. Катунина, И.В. Интеллектуальный ресурс предприятий железнодорожного транспорта / И.В. Катунина // *Вестник Омского университета. Серия «Экономика»*. – 2012. – № 1. – С. 19-26.

10. Сарайкина Е.М. Реализация интеллектуально-креативного ресурса в системе управления предпринимательскими структурами в постиндустриальной экономике / Е. М. Сарайкина / [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://pandia.ru/text/78/534/97891.php>, свободный.

11. Катунина, И.В. Системно-синергетическая концепция организационного развития / И.В. Катунина // *Менеджмент в России и за рубежом*. – 2009. – № 5. – С. 9-15.

12. Никифоров, О. А. Авторские классы в вузе – важный инструмент повышения конкурентоспособности молодых специалистов на рынке труда / О.А. Никифоров // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 11-5 – С.1129-1136.

13. Алгоритм формирования организационной структуры компании: системно-синергетический подход // *infomanagement* [электронный ресурс]. Режим доступа <http://infomanagement.ru/referat/44/8>, свободный.

14. Бирюков, В.В. Особенности предпринимательской деятельности в инновационной экономике / В.В. Бирюков // *Вестник СиБАДИ*. – 2010. – № 4 (18). – 89-94.

CONTROLLING INTELLECTUAL AND CREATIVE RESOURCES IN THE CONDITIONS OF ORGANIZATIONAL CHANGES AT THE ENTERPRISES OF RAILWAY TRANSPORT: SYSTEM AND SYNERGETIC APPROACH

E.Y. Legchilina, A.S. Platonova

Abstract. The article dwells on the concept of system and synergetic approach in controlling intellectual and creative resources in conducting organizational changes at the enterprises of railway transport. The authors have suggested a structurally functional model of a system controlling intellectual and creative resources in the conditions of organizational changes on the basis of system and synergetic approach. As a methodological basis of controlling intellectual and creative resources (ICR) in the conditions of organizational changes, the authors suggest to apply principles and requirements of

synergy and the theory of systems which are seldom used for such tasks solution.

Keywords: controlling intellectual and creative resources, organizational changes, system and synergetic approach.

References

1. *Strategija razvitija holdinga «RZhD» do 2030 goda.* [Strategy of developing "Russian railways" holding till 2030]. Available at: <http://doc.rzd.ru, svobodnyj>

2. Kang S.K., Morris S.S., Snell S.A. Relational archetypes, organizational learning, and value creation: extending the human resource architecture. *Academy of Management Review*, 2007, no. 32 (1). pp. 236–256.

3. Subramaniam M., Youndt M. A. The influence of intellectual capital on the types of innovation capabilities. *Academy of Management Journal*, 2005. no 48 (3). pp. 450–463.

4. Youndt M.A., Subramaniam M., Snell S.A. Intellectual capital profiles: An examination of investments and returns. *Journal of Management Studies*, 2004, Vol. 41, N. 2. pp. 335–362.

5. Katunina, I.V., Legchilina E.Y. Intellektual'no-kreativnye resursy v upravlenii personalom innovacionnogo predprinimatel'stva [Intellectual and creative resources in innovative business' personnel management]. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*, 2012, no 4. pp.116-123.

6. Legchilina E.Y. Problemy ucheta i ocenki kreativnyh resursov v kadrovom menedzhmente innovacionnogo predprinimatel'stva [Problems of accounting and assessing creative resources in personnel management of innovative business]. *Aktual'nye issledovaniya*, 2012, no 1(1). pp. 27-31.

7. *Reorganizacija RZhD ser'ezno uslozhnila reshenie proizvodstvennyh voprosov – Murmanskij port* [Reorganization of the Russian Railways has seriously complicated the solution of production questions – Murmansk port]. Available at: http://www.korabel.ru/news/comments/reorganizatsiya_rzhd.html, svobodnyj

8. *RZhD sozdaet dve novye direkcii* [The Russian Railways create two new directions]. Available at: <http://www.gudok.ru/news/transport/zd/?ID=847252, svobodnyj>.

9. Katunina I.V. Intellektual'nyj resurs predpriyatij zheleznodorozhnogo transporta [Intellectual resource of the enterprises of railway transport]. *Vestnik Omskogo universiteta. Serija «Jekonomika»*, 2012, no 1. pp. 19-26.

10. Saraikina E.M. *Realizacija intellektual'no-kreativnogo resursa v sisteme upravlenija predprinimatel'skimi strukturami v postindustrial'noj*

jekonomike [Realization of intellectual and creative resource in a system controlling enterprise structures in post-industrial economy]. Available at: <http://pandia.ru/text/78/534/97891.php, svobodnyj>.

11. Katunina I.V. Sistemno-sinergeticheskaja koncepcija organizacionnogo razvitija [System and synergetic concept of organizational development]. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*, 2009, no 5. pp. 9-15.

12. Nikiforov O.A. *Avtorskie klassy v vuze – vazhnyj instrument povyshenija konkurentosposobnosti molodyh specialistov na rynke truda* [Author's classes in a higher education institution – important instruments of increasing competitiveness of young specialists in labor market]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2014, no 11-5 pp.1129-1136.

13. *Algoritm formirovanija organizacionnoj struktury kompanii: sistemno-sinergeticheskij podhod//infomanagement* [Algorithm of forming organizational structure of a company: system and synergetic approach]. Available at: <http://infomanagement.ru/referat/44/8, svobodnyj>.

14. Biryukov V.V. Osobennosti predprinimatel'skoj dejatel'nosti v innovacionnoj jekonomike [Features of business activity in innovative economy]. *Vestnik SiBADI*, 2010, no 4 (18). pp. 89-94.

Легчилина Елена Юрьевна (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Менеджмент, маркетинг и коммерция» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС) (г. Омск 644046, ул. Маркса, 35, e-mail: legcelena@yandex.ru).

Платонова Анастасия Сергеевна (Россия, Омск) – старший преподаватель кафедры «Менеджмент, маркетинг и коммерция» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС) (г. Омск 644046, ул. Маркса, 35, e-mail: platonova.as@yandex.ru).

Legchilina Elena Yurievna (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, associate professor of the department "Management, marketing and commerce", Omsk state transport university (Omsk 644046, 35 Marks st., e-mail: legcelena@yandex.ru).

Platonova Anastasia Sergeevna (Russian Federation, Omsk) – senior teacher of the department "Management, marketing and commerce", Omsk state transport university (Omsk 644046, 35 Marks st., e-mail: platonova.as@yandex.ru).

УДК 005.8:625

СОЗДАНИЕ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПРОЕКТНО-ИЗЫСКАТЕЛЬСКИХ РАБОТ ДЛЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

М.С. Перфильев

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В данной статье рассмотрены вопросы формирования иерархической структуры проектно-изыскательских работ для комплексных инфраструктурных объектов капитального строительства. Раскрывается содержание понятия декомпозиция работ. Выделяются и описываются характерные особенности разбиения проекта на составляющие элементы. На основе анализа теоретических источников и обобщения практического опыта управления проектами предложен вариант иерархической структуры работ. При помощи полученной иерархической структуры работ автором предлагается решать задачи формирования управляющих команд для реализации комплексных проектов.

Ключевые слова: управление проектом, иерархическая структура работ, декомпозиция, объект капитального строительства, проектно-изыскательские работы.

Введение

В период с 2007 по 2014 год в России осуществлялась реализация проектов по подготовке к Олимпиаде-2014 в г. Сочи, Саммиту глав государств АТЭС-2012 в г. Владивостоке и ряда инфраструктурных объектов предусмотренных федеральной целевой программой «Развитие транспортной системы России (2010 - 2020 годы)». В реализации проектов в той или иной мере принимало участие большое количество отечественных проектных и строительных компаний.

Автор статьи выполнял функции руководителя проекта и проектного офиса в крупной проектно-строительной компании при выполнении проектно-изыскательских работ (далее ПИР) на следующих инфраструктурных объектах:

- Автомобильная дорога «пос. Новый – полуостров Де-Фриз – Седанка – бухта Патрокл» на участке полуостров Де-Фриз – пос. Седанка с низководным мостом (Приморский край).

- Объекты железнодорожной инфраструктуры в рамках инвестиционного проекта «Комплексное развитие Южной Якутии».

- Комплексное развитие Мурманского транспортного узла.

- Инвестиционный проект «Железнодорожная линия Элегест - Кызыл – Курагино». Участок от станции Курагино до разъезда Малый Тайгиш.

При подготовке организации к выполнению работ по заключенным государственным контрактам крайне

актуальной стала проблема формирования управляющих команд, в том числе для реализации проектов указанных выше.

Особенности выполнения проектно-изыскательских работ

Основной особенностью государственных контрактов на выполнение ПИР является необходимость выполнения в одном проекте полного комплекса работ стадии «Проектная документация», включая: все виды инженерных изысканий, сбор исходных данных и технических условий, работы по проекту планировки территорий, землеустройству, проектирование дорог и улиц, искусственных сооружений, коммуникаций, разработку специальных разделов проектной документации, согласования, сопровождение экспертиз, а также все сопутствующие и вспомогательные работы. Кроме того, при проектировании крупных инфраструктурных объектов затрагиваются интересы большого количества государственных учреждений, юридических и физических лиц. Позиции заинтересованных лиц необходимо учесть в виде получения технических условий, исходных данных и согласований, которые зачастую противоречат друг другу, и условиям государственного контракта. Имеются пробелы в государственных и муниципальных законодательных и подзаконных актах, регулирующих данные отношения, так как часто они не описывают конкретные ситуации или не увязаны друг с другом. Все это сильно влияет на сроки проектирования, технические характеристики и стоимость проектируемого объекта.

Таким образом, основная задача управляющей команды проекта состоит в увязке большого количества взаимосвязанных работ, принятии ключевых решений по проблемным вопросам, позволяющих выполнить работы в срок, с необходимым качеством и минимальными затратами.

В связи с большой территориальной рассредоточенностью проектируемых объектов (Сочи, Москва, Владивосток, Республика Саха (Якутия), Мурманск, Омск и т.д.) в компании было создано несколько подразделений для управления проектами с локализацией в Сочи, Владивостоке, Москве и Омске. Для наиболее эффективного

решения поставленных задач и удобства управления, организационная структура каждого из подразделений определялась индивидуально. На основе практического опыта и рекомендаций [1,2] специалисты и руководство компании пришли к выводу о необходимости формирования структуры управляющей команды в Омске на основе декомпозиции проекта и создания иерархической структуры работ (ИСР), с учетом технологических взаимосвязей между ними. Укрупненная технологическая последовательность разработки проектной документации представлена на рисунке 1.

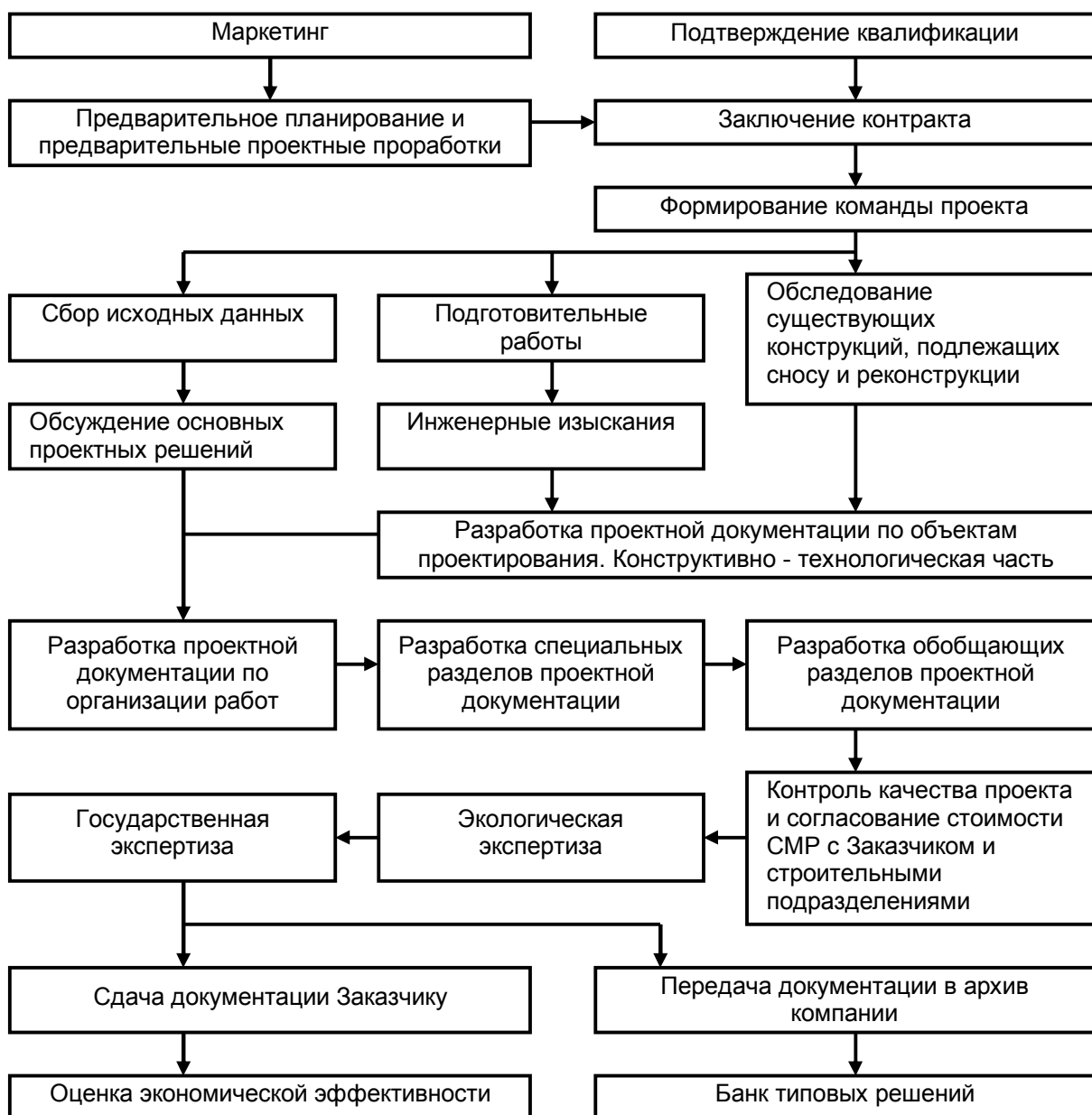


Рис. 1 Укрупненная технологическая последовательность выполнения проектно-изыскательских работ (стадия «Проектная документация»)

Декомпозиция проекта и создание иерархической структуры работ. Согласно текущим представлениям теории управления проектами, декомпозиция работ является одним из основных ее инструментов. Декомпозиция — разложение или разукрупнение более общего понятия (цели, проблемы, задачи) на составляющие его частные [3]. Декомпозиция работ превращает масштабный объем работ — проект — во множество сравнительно небольших, обозримых задач. В результате декомпозиции проекта формируется ИСР, которая составляет основу для последующего планирования, контроля и управления комплексом проектно-изыскательских работ.

Первый уровень декомпозиции работ проекта связан с технологической последовательностью рассматриваемых работ. Особенность технологии ПИР заключается в том, что исходными данными для разработки проектной документации каждого последующего этапа являются результаты сбора исходных данных, изысканий или проектная документация, полученные на предыдущем этапе. Это приводит либо к увеличению сроков ПИР при последовательном выполнении этапов, либо к возникновению риска переработки большей части проектной документации и соответственно удорожания работ, в случае изменения исходных данных при параллельном выполнении работ разных этапов. Комплекс проектно-изыскательских

работ состоит из следующих этапов: предпроектный, подготовительный, сбор исходных данных и изыскания, разработка конструктивно-технологической части проектной документации, разработка специальных разделов проектной документации, согласования и экспертизы, завершение проекта.

Основой для второго уровня декомпозиции работ являются положения действующего законодательства и нормативно-правовых актов [4,5,6], определяющие состав проектной документации. При этом, каждый раздел проектной документации, определенный [6] выполняется на конкретном этапе работ.

Основным критерием для третьего уровня разбиения работ на составляющие элементы является четкое определение ответственности исполнителя за выполненный том (раздел, отчет) проектной документации. То есть за качество исполнения каждого конкретного отчета или книги проектной документации должен нести ответственность конкретный внутренний отдел или внешняя субподрядная организация. Выполнение этого критерия достигается на уровне суммарных задач проекта. Полученная иерархическая структура проектно-изыскательских работ для комплексных инфраструктурных объектов капитального строительства представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Иерархическая структура проектно-изыскательских работ для комплексных инфраструктурных объектов капитального строительства

Уровень 1 Этапы работ	Уровень 2 Состав работ	Уровень 3 Суммарные задачи
1. Предпроектный	Маркетинг	Мониторинг рынка
		Поиск заказов
		Отслеживание конкурентов
	Предварительное планирование и предварительные проектные проработки	Анализ стоимости
		Определение потенциальных исполнителей
		Анализ рисков
		Анализ сроков
		Анализ условий контракта
		Подготовка и размещение конкурсной документации
	Подтверждение квалификации	Подготовка документов, подтверждающих участие в саморегулируемых организациях
		Подготовка документов, подтверждающих опыт проектирования
		Подготовка документов, подтверждающих квалификацию кадров
		Подготовка документов, подтверждающих наличие оборудования и программного обеспечения
		Подготовка документов, подтверждающих уровень качества выполняемых работ (например, сертификаты ИСО)

II. Подготовительный	Заключение контракта	Заключение контракта
		Детальное планирование
	Формирование команды проекта	Назначение руководителя проекта (ГИПа)
		Определение основных исполнителей и ответственных лиц
	Подготовительные работы	Подготовка и перебазировка техники
		Получение разрешений на проведение работ от правообладателей земельных участков и объектов недвижимости
		Разработка проекта освоения лесов. Получение разрешений на рубку леса
Получение лицензии на разведку недр (для добычи подземных вод)		
Организационная подготовка: программное обеспечение, связь, аренда помещений, транспорт и т.д.		
III. Сбор исходных данных и изыскания	Сбор исходных данных	Получение исходных данных от заказчика и будущего пользователя объекта
		Получение технических условий от МЧС; РЖД, сетевых компаний, дорожных служб
		Получение информации о состоянии окружающей среды
		Получение информации о правообладателях земельных участков и объектов недвижимости
		Подготовка и согласование основных проектных предложений
		Получение специальных технических условий
	Инженерные изыскания	Геодезические изыскания
		Геологические изыскания
		Гидрометеорологические изыскания
		Экологические изыскания
		Микросейсмораионирование
		Геокриологические
		Археологические
		Обследование на наличие взрывоопасных предметов
	Обсуждение основных проектных решений	Изыскания площадок грунтовых строительных материалов
		Изыскания источников водоснабжения
		Разработка раздела «Оценка воздействия на окружающую среду»
	Обследования	Общественные обсуждения
		Публичные слушания
	IV. Разработка конструктивно-технологической части проектной документации	Разработка проектной документации по объектам проектирования. Конструктивно - технологическая часть
Искусственные сооружения (мосты, путепроводы, подпорные стены и т.д.)		
Автомобильные дороги и улицы		
Тоннели		
Объекты промышленного и гражданского строительства		
Сети инженерно-технического обеспечения		
Объекты железнодорожного транспорта		
Объекты энергоснабжения		
Мероприятия по защите объекта от актов незаконного вмешательства		
Требования к безопасной эксплуатации объекта		
АСУ ТП		

V. Разработка специальных разделов проектной документации	Разработка проектной документации по организации работ	Разработка сводного проекта организации строительства
		Проект организации работ по демонтажу
	Разработка специальных разделов проектной документации	Заключение договора и получение ТУ на технологическое присоединение
		Разработка проектов планировки и межевания земельных участков.
		Подготовка градостроительной и землеустроительной документации
		Разработка раздела «Мероприятия по охране окружающей среды», включая специальные расчеты
		Разработка раздела «Перечень мероприятия по гражданской обороне, мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»
		Разработка раздела «Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности»
	Обобщающие разделы	Разработка раздела «Смета на строительство»
		Согласование проектной документации с Заказчиком и другими ведомствами и организациями
VI. Согласования и экспертизы	Согласования и экспертизы	Контроль качества проекта и согласование стоимости СМР с Заказчиком и строительными подразделениями
		Экологическая экспертиза
		Государственная экспертиза
		Иные экспертные работы
VII. Завершение проекта	Работы по завершению проекта	Сдача документации Заказчику
		Подписание итоговых актов сдачи-приемки с заказчиком и субподрядчиками
		Окончательный финансовый расчет с заказчиком и субподрядчиками
		Оценка эффективности управления проектом: удовлетворенность заказчика, финансовый результат и т.д.
		Передача документации в архив компании
		Формирование (дополнение) банка типовых проектных решений для использования в следующих проектах
		Подготовка отчета. Выводы. Рекомендации

Заключение

При помощи полученной иерархической структуры работ была решена задача формирования управляющих команд для реализации комплексных проектов и сформирована организационная структура отдела управления проектами в компании.

Кроме решения данной задачи ИСР позволяет реализовать следующие функции управления проектом:

- Отражение содержания проекта с высокой степенью детализации. На концептуальном уровне содержание работы для строительных проектов представляется, как правило, в виде технического задания. Детальное отображение содержания проекта и календарные графики работ можно

выполнить лишь с помощью ИСР. С целью повышения производительности работ и снижения их стоимости, для каждой суммарной задачи целесообразно подготовить стандарт выполнения работ. В нем должны быть представлены: исходные данные для выполнения задачи (работы, отчета); ориентировочные сроки и стоимость работ, определенные по объектам-аналогам; состав итогового отчета; типовое техническое задание на выполнение работ; перечень обязательных и рекомендуемых нормативных документов; перечень необходимых технических условий и согласований.

- Отслеживание хода выполнения проекта. Задачи, представленные в ИСР, становятся основой для отслеживания хода

выполнения проекта, поскольку каждая из таких задач представляет собой объем работы, который поддается измерению;

- Получение точных оценок затрат и расписания исполнения проекта. ИСР позволяет детализировать затраты на оборудование, материалы и оплату труда по каждой из задач, представленных в декомпозиции работ;

Библиографический список

1. Верзух, Эрик. Управление проектами: ускоренный курс по программе MBA.: Пер. с англ. – М.:ООО «И.Д. Вильямс», 2010. – 480 с.
2. Управление высокотехнологическими программами и проектами / Рассел Д. Арчибалд; Пер. с англ. Мамонтова Е.В.; Под ред. Баженова А.Д., Арефьева А.О. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Компания АйТи; ДМК Пресс, 2010. – 464 с.
3. Организация и управление в строительстве. Основные понятия и термины: Учеб. – справ. пособие/ В.А.Афанасьев и др. – М.: Изд-во АСВ; СПб., СПбГАСУ.–1998.– 316 с.
4. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
5. Кодекс РФ от 29.12.2004 № 190-ФЗ «Градостроительный кодекс Российской Федерации»
6. Постановление Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию»

CREATION OF A HIERARCHICAL STRUCTURE OF DESIGN AND SURVEY WORKS FOR COMPLEX INFRASTRUCTURE OBJECTS OF CAPITAL CONSTRUCTION

M.S. Perfiliev

Abstract. The author has considered the issues of forming hierarchical structure of design and survey works for complex infrastructure objects of capital construction. The concept of works' decomposition is disclosed. There are identified and described the characteristic features of partitioning the project into components. On the analysis of theoretical sources and generalization of practical experience in project management the author has proposed a variant of the hierarchical structure of works. Using the obtained hierarchical structure of works the author suggests

solving problems of forming control teams for realization of complex projects.

Keywords: project management, hierarchical structure of works, decomposition, capital construction's object, design and survey works.

References

1. Verzhuk Erik *Upravlenie proektami: uskorenniy kurs po programme MBA* [Project management: a brief course on the MBA program]: Per. s angl. Moscow, ООО «I.D. Vil'jams», 2010. 480 p.
2. Rassel D. Archibal'd *Upravlenie vysokotekhnologicheskimi programmami i proektami* [Managing high-technology programs and projects]; Per. s angl. Mamontova E.V.; Pod red. Bazhenova A.D., Aref'eva A.O. 3-e izd., pererab. i dop. Moscow, Kompanija AjTi; DMK Press, 2010. 464 p.
3. Afanas'ev V.A. *Organizacija i upravlenie v stroitel'stve. Osnovnye ponjatija i terminy* [Organization and management in construction. Basic concepts and terms]: Ucheb. – sprav. Posobie. Moscow, Izd-vo ASV; St. Petersburg, SPbGASU.1998. 316 p.
4. *Federal'nyj zakon ot 30.12.2009 № 384-FZ «Tehnicheskij reglament o bezopasnosti zdanij i sooruzhenij»* [Technical regulations on safety of buildings and structures].
5. Kodeks RF ot 29.12.2004 № 190-FZ «Gradostroitel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii» [The town-planning code of the Russian Federation].
6. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 16.02.2008 № 87 «O sostave razdelov proektnoj dokumentacii i trebovanijah k ih soderzhaniju» [The sections of design documentation and requirements to their content].

Перфильев Максим Сергеевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика и управление дорожным хозяйством» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: r2002@rambler.ru).

Perfiliev Maksim Sergeevich (Russian Federation) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Economics and public road administration", The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, 5 Mira st., e-mail:mair2002@rambler.ru).

УДК 005.21

СТРАТЕГИИ КОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ В ПРЕДКРИЗИСНЫХ И КРИЗИСНЫХ СИТУАЦИЯХ

О.В. Сергиенко¹, О.Ю. Патласов²

¹Омский институт (филиал) ФГБОУ ВПО «РЭУ им Г.В. Плеханова», Россия, г. Омск;

²НОУ ВПО «Омская гуманитарная академия», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье рассматриваются основные подходы разработки и выбора стратегии антикризисного управления коммерческой организации с учетом влияния внешней среды и приоритетных направлений её развития. Во время кризисных явления каждая компания разрабатывает антикризисную стратегию исходя из масштаба кризиса, приоритетных целей развития. Как показывает практика, от того, удастся ли компании найти правильный ответ на внешние вызовы и внутренние угрозы, зависит успех или неудача в преодолении кризиса.

Ключевые слова: цикличность развития, антикризисная стратегия, антикризисное реагирование, платежеспособность.

Введение

В современном мире назревает новая волна негативных изменения внешней среды в рамках циклического развития экономики, которая может повлечь существенные структурные изменения в деятельности коммерческих организаций, а значит и пересмотр основных бизнес - идей, миссии и построении новых стратегий, в том числе и антикризисных. Негативными кризисными тенденциями для российских коммерческих организация стали: резкое снижение внутреннего платежеспособного спроса, резкое удорожание кредитов и снижение их доступности, что привело к сокращению объемов производства, падение курса рубля.

Актуальность тематики определяется, тем, что каждая из названных причин предполагает адекватную по масштабам реакцию по блокированию возникших проблем. В условиях турбулентности внешней среды управленческие концепции, в том числе и парадигма управления с ориентацией на рост ценности корпорации (Value-Based Management) требует адаптации.

Виды и модели антикризисных стратегий

Антикризисные стратегии должны рассматриваться многомерно: могут накладываться на стратегии в условиях экономического роста в форме экономических, инвестиционных, маркетинговых, финансовых, кадровых и др. стратегий; стратегии учитывающие размер бизнеса, например, стратегии развития ТНК или субъектов малого бизнеса; отраслевые

стратегии промышленная, аграрная, банковская, страхового дела и пр. Алгоритмы выхода из кризиса коммерческих банков, страховых компаний, в книжной отрасли, игроков рынка недвижимости, автомобильных дилеров, транспортных компаний, стоматологий и т.д. существенно отличаются.

Стратегия, в рамках антикризисного управления с одной стороны, рассматривается как выбор посткризисного развития с целью ликвидации последствий спада и возврата к докризисному уровню, с другой, как план действий, предусматривающий оперативные мероприятия, направленные на обеспечение заданного уровня финансовых показателей платежеспособности организации. Антикризисное управление выступает симбиозом стратегического менеджмента, посредством реализации стратегии недопущения кризиса и оперативного менеджмента через реализацию стратегии преодоления кризиса. В антикризисном управлении можно выделить доминирующий компонент, который и будет определять тип (или модель) стратегии по показателю глубины преобразования кризисного предприятия. С организационных позиций можно выделить 4 основных модели поведения фирмы в кризисной ситуации.

Модель 1. Не предпринимать никаких радикальных мер, так как неожиданные факторы внешней и внутренней среды лишь начинают влиять на фирму, их воздействие обычно остается скрытым в рамках нормальных колебаний финансово-экономической деятельности. Расчет такого поведения – переждать ситуацию, надежда

на лояльность клиентов и свою репутацию. Данную модель антикризисного поведения нельзя считать оптимальной.

Модель 2. Факты свидетельствуют о том, что ухудшение результатов деятельности фирмы стало необратимым. Экстренно собирается антикризисная команда, которая решает ситуационные проблемы «по мере их поступления»: антикризисную команду составляют, как правило, топ-менеджеры компании; директор становится руководителем антикризисной команды (группы, Комитета) и берет на себя всю ответственность по выводу компании из кризиса. Такая модель может дать определенный, но ограниченный позитивный эффект.

Модель 3. Изначальное наличие в компании системы стратегического планирования и заранее при обнаружении проявлений предкризисных явлений назначение антикризисной команды или отдела (в крупных компаниях). Стратегическая задача состоит в том, чтобы свести к минимуму потери и по возможности обратить их в прибыль, данную модель бизнес-поведения следует признать оптимальным вариантом, в том случае, если начало реакции не запаздывает.

Модель 4. При остром кризисе и явных факторах его проявления коммерческой организации необходима внешняя помощь, которую оказывает консалтинговая компания. Она берет на себя функции антикризисного центра, разрабатывает и внедряет антикризисную стратегию. Такая модель поведения оптимальна для компаний, не обладающих человеческими ресурсами способными разработать и внедрить эффективный антикризисный менеджмент.

Специфику российской антикризисной политики можно представить тремя характерными моделями: 1) резкое сокращение расходов, не связанных с существованием фирмы; 2) санация за счет государственной поддержки на льготных условиях; 3) интернационализация, перенос инвестиционного капитала за границу, где условия ведения бизнеса наиболее комфортные [1].

При решении вопроса о выборе стратегии антикризисного управления коммерческие организации должны учитывать что, разработка стратегии должна предупреждать кризис, используя накопленный опыт. Антикризисная стратегия - это стратегия, оптимизирующая поведение организации в условиях спада, устойчивого снижения

основных финансовых показателей фирмы и угрозы банкротства. Она является инструментом управления развитием организации и рычагом предотвращения и преодоления кризисных явлений. Но с учетом различных подходов к разработке, выбору и организации антикризисной стратегии управления топ-менеджеры могут применять достаточно большое количество инструментов их построения [2] и подходов.

В менеджменте различают три типа стратегий: корпоративные стратегии, рассматривающие организацию как целостную социально-экономическую систему; бизнес-стратегии, охватывающие конкретные виды предпринимательской деятельности; функциональные стратегии, соответствующие приоритетным направлениям деятельности и обычно охватывающие отдельные элементы организационной системы.

В зависимости от глубины кризиса и характера антикризисных мероприятий можно выделить: стратегию антикризисного управления, при которой не происходит привлечения дополнительных ресурсов (меры по совершенствованию менеджмента организации, при имеющихся объемах ресурсов); стратегию антикризисного управления, при которой привлекаются внутренние ресурсы управляемой системы (использование резервов, не задействованных ресурсов); стратегию, при которой помимо внутренних используются ресурсы, заимствованные у других систем (привлечение внешних инвестиций) [3].

Данную классификацию можно дополнить стратегиями антикризисного управления применяемых в зависимости от природы принятия и реализации антикризисных управленческих решений[4]:

- стратегия «упреждения», управленческие решения принимаются и реализуются до начала проявления любых явлений, связанных с переходными процессами; в период подъема, т.е. тогда, когда явления, соответствующие переходным периодам, стали проявляться впервые, но сам переходный период еще не наступил; в период разгона, т.е. когда явления, соответствующие переходным периодам, стали явственно различными, появились четкие симптомы будущих изменений, но переходный период еще не наступил;

- стратегия «совпадения» управленческие решения принимаются и реализуются в период протекания в соответствии с фазами переходного периода;

• стратегия «следования» предусматривают, что управленческие решения принимаются и реализуются после протекания процессов переходного периода, когда процессы переходного периода закончились, и система только начинает приближаться к новому квазистабильному состоянию, на стадии, когда закончились процессы переходного периода, система близка к новому квазистабильному состоянию, но при этом эффекты процессов переходного периода хотя и слабы, но еще актуальны; на стадии, когда система уже находится в новом квазистабильном состоянии. Характерно для раннего периода отечественного антикризисного управления – борьба с кризисом связана с фактом наличия кризиса в организации [5].

Стратегии классифицировать можно по направлениям воздействия на кризисные очаги [6].

• *Маркетинговая стратегия*, оперативное изменение маркетинговой политики организации и всех инструментов комплекса маркетинга (продукт, цена, каналы распределения и методы продвижения продукта) в зависимости от изменений внешней и внутренней среды. Кризисное состояние организации с точки зрения маркетинга означает ее неконкурентоспособность. К ним относятся: стратегия возвращения предприятия на рынок; стратегия развития рынка; стратегия разработки товара; стратегия диверсификации; стратегия ухода с рынка.

• *Антикризисная производственная стратегия*, реорганизация коммерческой организации в области: прекращения операций, не вносящих вклад в покрытие постоянных издержек фирмы; прекращения выпуска нерентабельной продукции; поиск новых источников финансирования; анализ арендных договоров. Основная задача – обеспечить поддержку требуемого организационно-технического уровня производства, направленных на стимулирование развития рыночных отношений, обеспечивающих выход фирмы из кризисного состояния, посредством разработки стратегий улучшения качества продукции; структурной перестройки предприятия; изменения номенклатуры и ассортимента продукции; повышения экономической эффективности производства.

• *Антикризисная кадровая / управленческая стратегия*, которая включает меры по улучшению кадрового потенциала: новые приоритеты кадровой

политики, мотивации персонала, формировании программы адаптации к изменениям, профориентации и переподготовке, оценке соответствия кадровой политики долгосрочной стратегии фирмы. Данные мере реализуются через стратегии усиления кадрового потенциала предприятия; внедрение новых методов управления; реорганизации управления предприятием.

• *Антикризисная финансовая стратегия* нацелена на построение эффективной системы управления финансами, с помощью которой можно обеспечить решение стратегических и тактических задач деятельности фирмы. Реформирование предприятия направлено на решение таких стратегических задач, таких как, оптимизация прибыли структуры капитала, рост стоимости чистых активов, формирование инвестиционной привлекательности. Этому способствуют стратегии повышения ликвидности активов; оптимизации структуры капитала; стратегии улучшения системы учета и контроля издержек; оптимизации прибыли.

Антикризисные стратегии сокращения расходов (организационные изменения, финансовые стратегии, снижения издержек, сокращения активов, генерации прибыли) и стратегии поворота (изменения ценообразования, переориентации на когерентных клиентов и на определенные товары, стратегия вывода товаров новизны или рационализации ассортимента, сосредоточение на логистике и рекламе) могут взаимодополнять друг друга и реализовываться параллельно.

Анализ антикризисных стратегий коммерческих организаций

Анализ характерных тенденций в разработке экономических стратегий в коммерческих организациях показывает острую необходимость в их изменениях в соответствии с рыночными требованиями. Приоритетные меры для отечественных коммерческих организаций сводятся к нацеливанию производства на потребителя, а не на абстрактный рост или сокращение объемов. Это обеспечивается путем координации целей и согласованной работы структурных подразделений всех работников, участвующих в процессе создания и реализации товара. Следствием недостаточной предприимчивости, с одной стороны, и упущений в разработке экономической стратегии – с другой, является кризисное состояние большей части российских коммерческих организаций.

Для принятия эффективного управленческого решения целесообразно формировать банк данных о типологии моделей антикризисных стратегий. Для этого необходимо выделить характерные черты различных антикризисных стратегий по показателям или критериям, например таким как [7]: рационализация и консолидация существующих активов, пассивов и применяемой практики (первоочередные меры по наведению порядка, экономии, избавлению от излишков, взиманию дебиторской задолженности и т.п.); реорганизации существующих на предприятии структур / деятельности / процессов / систем и т.д. (реструктуризация); развития предприятия, то есть инновационного подхода в формулировании и достижение новых целей, освоении новых подходов, методов и направлений деятельности.

Анализ стратегии коммерческой организации должен быть сконцентрирован на следующих пяти моментах: эффективность текущей стратегии - оценка текущего положения коммерческой организации на рынке с точки зрения конкурентоспособности; сила и слабость, возможности и угрозы - оценка стратегического положения компании посредством SWOT-анализа и рекомендации о необходимости стратегических изменений; конкурентоспособность цен и издержек позволяет оптимизировать механизм – цены - затраты; оценка прочности конкурентной позиции предусматривает анализ показателей качества товара, стабильность

финансового положения, технологические возможности, продолжительность товарного цикла; выявление четкой формулировки проблем, вызвавших кризис на предприятии, для разработки антикризисной программы.

Антикризисное управление предусматривает использование данных компонентов в зависимости от стадии развития кризиса, от масштабов кризисного состояния хозяйствующего субъекта изменившимся условиям внешней и внутренней среды. Чем острее кризис, тем тяжелее состояние предприятия и тем более глубокие преобразования ему необходимы. В случае регулируемого начального этапа кризиса может быть достаточным одного первого компонента – консолидации и рационализации активов, что и будет определять тип антикризисной стратегии, на стадии более острого кризиса первого компонента не достаточно, потребуется реорганизация и реструктуризация, а модель антикризисной стратегии будет определяться именно этим компонентом. В наиболее тяжелых случаях запущенного кризиса, когда предприятие неплатежеспособно, необходимо применить все три компонента антикризисного управления: консолидацию, реорганизацию и развитие, и именно развитие станет определяющей характеристикой антикризисной стратегии.

В зависимости от факторов выбора, менеджеры могут создавать банк данных о наиболее типичных альтернативных вариантах антикризисных стратегий, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Антикризисные стратегии

Типы альтернативных антикризисных стратегий	Факторы, определяющие выбор стратегии	
	Внешние факторы	Внутренние факторы
Восстановления утраченных позиций	Наблюдается тенденция увеличения спроса на продукцию (услуги) Умеренная конкуренция в отрасли Гибкая ценовая политика внутри отрасли Имеется спрос на продукцию в смежных областях	Позиция менеджеров направлена на сохранение бизнеса, выявление резервов, поиск новых подходов. Имеется возможность экономии затрат Кризис зашел далеко, но не приобрел необратимый характер
Выживания	Тенденция увеличения платежеспособного спроса на продукцию (услуги) отсутствует, также как и тенденция спада. Давление конкурентов. Жесткая ценовая политика внутри отрасли Предложение превышает спрос	Менеджмент ориентирован на традиционно-сложившиеся практики Имеется свободный доступ к ресурсам Соотношение «затраты-цена» приближено к нулю

Рыночной адаптации	Рынок сбыта изменчив Ценовая конкурентная борьба Благоприятная почва для отношений с финансовыми институтами и партнерами по бизнесу	Менеджеры быстро реагируют на изменение внешней среды Имеется опыт выхода из кризиса Высокая мотивация персонала на достижение результата Поиск новых подходов. Благоприятное соотношение «затраты-цена»
Сокращения и ликвидации	Наблюдается спад спроса Жесткая конкуренция Системный кризис в отрасли Жесткая ценовая политика	Менеджеры настроены на сокращение выпуска убыточной продукции, закрытие нерентабельных производств Неблагоприятное соотношение «затраты-цена»

Существуют различные точки зрения на то, какие именно стратегии предпочтительней всего использовать для гарантированного восстановления финансовой стабильности компании [8]. Научное сообщество рассматривают финансовое бедствие компании не только как негативный фактор, но и с позиции положительных изменений для фирмы: кризис дает толчок и новый продуктивный эффект к всесторонним организационным изменениям менеджмента. Компании при обнаружении симптомов кризиса стараются не допустить юридической реорганизации, предприняв все необходимые меры, которые позволяют им вернуть финансовое благополучие и расплатиться по обязательствам. Плюрализм мнений гарантированного восстановления финансовой стабильности компании основывается на двух точках зрения, первая - ключом к успеху на развитых или уменьшающихся рынках является дополнительные активы посредством приобретения дополнительных бизнесов, за счет доходов от которых уравнивается финансовое положение компании и создается задел для дальнейшего роста. Вторая – в случае возникновения финансовой несостоятельности компании, наоборот, необходимо избавляться от части наиболее обременительных активов.

Ученые Касской бизнес-школы Лондонского университета Мезиан Ласфер (Meziane Lasfer) и Лакшми Ремэр (Laxmi S. Remer) проанализировали эффективность

различных стратегий финансового оздоровления, применяемых британскими компаниями, переживающими финансовый кризис. Авторы сгруппировали компании по используемым ими стратегиям, (стратегия сохранения денежных средств, стратегия генерирования дополнительных доходов, стратегия вложения/траты оставшихся денежных средств, а также стратегия, не касающаяся денежной политики либо комбинирующая стратегии). В ходе работы авторы выбрали 456 из 5500 британских компаний, имевших чистый доход накануне до первого убыточного года, отбирая здоровые и прибыльные бизнесы. Далее учеными были исследованы более 8500 пресс-релизов, сделанных отобранными компаниями за период с 1980 по 2004 год. Эти пресс-релизы были разбиты на четыре категории, позволяющие в дальнейшем оценивать различия в применяемых компаниями стратегиях, отмечая при этом успешность финансового оздоровления той или иной фирмы.

Особое внимание авторами исследования уделялось противопоставлению стратегии генерирования/сохранения и вложения/траты денежных средств. Согласно авторской классификации стратегии, могут реализовываться в рамках четырех видов реструктуризации компании. Для каждой стратегии в рамках того или иного вида реструктуризации авторы определили наиболее часто встречающиеся решения представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Виды реструктуризации и антикризисные стратегии

Тип реструктуризации	Стратегия генерирования средств	Стратегия сохранения средств	Стратегия трат/вложения	Другие стратегии
Операционная	Закрытие, объединение бизне-подразделений	Рационализация затрат, увольнение		
Финансовая	Увеличение долга, рефинансирование, доп эмиссия долга,	Обмен долга на акции, пропуск выплаты дивидендов, урезание дивидендов, оформление расписки на дивиденды	Выкуп акций	
Активов	Избавление от непрофильных бизнесов, от избыточных активов, выкуп доли компании менеджментом, продажа с последующим лизингом активов.		Приобретения, углубления в непрофильные бизнесы, смена бизнеса	
Управления				Назначения, замены, отставки

Полученные результаты исследования подтверждают тот факт, что большинство компаний старается до последнего избежать банкротства, применяя множество стратегий финансового оздоровления. Практический опыт показывает, что компании, успешно прошедшие финансовое оздоровление, чаще всего придерживались стратегий генерирования (в 37 % случаев), а также сохранения денежных средств (в 49 % случаев). Лишь в 5% случаев финансово восстановленные компании упомянули реализацию решений из стратегии дополнительных вложений/трат. Невосстановившиеся компании также применяли стратегии генерирования (36 %) и сохранения (32 %) денежных средств, и только 15 % использовали стратегии дополнительных вложений/трат.

Столкнувшись с угрозой кризиса, компании, делают упор на финансовую реструктуризацию (68 % восстановившихся и 47 % невосстановившихся предприятий); достаточно популярны методы реструктуризация активов (13% восстановившихся и 23% невосстановившихся предприятий), и операционной реструктуризации (11% восстановившихся и 15% невосстановившихся предприятий), а наименее популярными были перестановки в руководящем составе (8% восстановившихся и 15% невосстановившихся предприятий). Как показала статистика, чаще всего компании, успешно прошедшие процедуру финансового оздоровления, прибегали к стратегиям

генерирования и сохранения денежных средств, применявшимся в рамках финансовой реструктуризации. Наименьший положительный эффект заметен от применения стратегии дополнительных вложений/трат. Следует также обратить внимание, что стратегия реструктуризации активов (пропорционально общему количеству применений) – имеет высокий риск неудачи. Компании, не прошедшие финансовое оздоровление, склонны к более легким вложениям и тратам, к частым кадровым перестановкам, экспериментам с покупкой новых бизнесов [9].

Отечественная и зарубежная практика применения антикризисных стратегий
 Практика показывает, что коммерческие организации, как правило, в первую очередь ориентируются на бизнес – стратегии: захвата рынка, развития рынка, сокращения, отторжения и ликвидации. В период наступления кризиса приоритеты организации резко меняются и ранее разработанные стратегии либо противоречат, либо не вполне согласуются с внешними условиями развития фирмы. В условиях кризисной ситуации коммерческие организации прибегают к сужению, ликвидации отдельных направлений деятельности, чтобы в условиях падения спроса обеспечить выживаемость и высвободить дополнительные денежные средства. Эти стратегии могут предполагать сокращение продуктовой номенклатуры, сокращение продаж традиционных продуктов, полное сворачивание бизнеса. Затем интенсивное развитие в рамках новой бизнес-

модели или развитие новых привлекательных направлений. Технология антикризисного прорыва состоит из двух фаз: 1. Фаза «комы»-разработка первоочередных мер, направленных на снижение негативных факторов кризиса и подготавливающих фундамент для выхода из кризисного состояния. 2. Фаза «шоковой терапии» - осмысление причин возникших ситуации и разработка мер по выходу из нее. Кризис - это временное явление, нельзя подрывать возможности традиционных направлений бизнеса, которые вновь могут оказаться востребованными. Об этом говорит практика развития западных компаний и накопленный опыт. Так, история одной из ведущих компаний мира, корпорации «Нокиа» показывает, что проблемы, с которыми сталкиваются компании во время кризиса, имеют общие черты. В начале 1992-го года Финляндия находилась в сильнейшем экономическом кризисе, который был вызван распадом главного экономического партнера – Советского Союза. Исчезли заказы, прекратилось поступление денег на счета, новые рынки сбыта оказались не подготовлены. Компания должна была выбрать приоритетные направления антикризисных мероприятий.

- Повысить ликвидность компании, сконцентрировать усилия на возврате дебиторской задолженности. Сократить максимально расходы, отказаться от малоприбыльных направлений и новых проектов, уволить как можно больше персонала. Сократить расходы на развитие, переждать кризис на имеющейся финансовой подушке безопасности, в надежде на то, что кризис когда-нибудь закончится, и клиенты вернуться.

- Сконцентрировать все силы и ресурсы на одном, уже имеющемся направлении, или, наоборот, на самом перспективном направлении всех бизнес-процессов, заново отстраиваемом под новые продукты, рынки, под новых клиентов. Обучение персонала под новые задачи, полный отказ от старых схем работы. Данный вариант предполагает создание новой компании под старой вывеской.

- Активный поиск кардинально новых продуктов, услуг, клиентов, рынков. Полная реструктуризация компании под текущую ситуацию. Максимальная интенсификация труда всех работников, перевод на ненормированный рабочий день. Создание проектных команд и быстрых пробников, т. е.

сразу, при возникновении новой бизнес-идеи, отработка ее на практике в виде пилотного проекта, анализ и принятие решения о запуске того или иного направления.

«Нокиа» была вынуждена сделать рискованный выбор. В мае 1992 года возглавивший компанию Йорма Оллила принимает решение о сокращении всех отделений и о сосредоточении научных и производственных мощностей на телекоммуникациях, которые до этого приносили не более 15% прибыли концерну.

Компания Samsung Electronics несмотря на финансовый кризис 1997 года, отразившийся практически на всем бизнесе Кореи не сэкономила на стратегически важных процессах, а сделала ставку на развитие новых видов продуктов, что позволило ей после кризиса выйти в мировые лидеры. Используя ключевой инструмент стратегии «Инвестирование в инновации» Samsung Electronics инвестировала в разработку новых продуктов и после окончания кризиса стала лидером в телекоммуникационном оборудовании, производстве плоских дисплеев, тонкопленочных транзисторов. Компания перешла к организации логистики just-in-time, что сократило товарные запасы вдвое. Стоимость бренда Samsung растет с каждым годом. На сегодняшний день она составляет 45,4 млрд долларов. Успех компании объясняется разными факторами, в том числе ростом продаж сразу в нескольких продуктовых категориях: мобильные телефоны, телевизоры, холодильники. В списке Best Global Brands 2014 Samsung Electronics занимает 7-е место, к 2020 году компания планирует войти в пятерку крупнейших мировых брендов.

Реализуя любую из антикризисных стратегий, коммерческие организации применяют широкий спектр инструментов, делая акцент на ключевой элемент стратегии.

Так, Компания «Коркунов» была создана в 1993 г., в 1997 г компания принимает решение о строительстве комплекса по производству шоколада в Одинцовском районе Московской области. Запуск фабрики пришелся на пик кризиса 1998 г. В 1999г. фабрика выпустила свою первую шоколадную продукцию под брендом «А.Коркунов». Используя стратегию «смена позиционирования» компания в период кризиса достигла доли потребителей марки «А. Коркунов» в сегменте конфет в коробках к 2003 г.- 22%, доли рынка в сегменте дорогого шоколада -57%. Одинцовская кондитерская фабрика появилась через год после кризиса,

когда дорогой сегмент на кондитерском рынке считался совершенно неперспективным и был полностью «оголен». Конкурентными преимуществами фабрики стали не занятая ниша – западный дорогой шоколад испугавшийся кризиса ушел с рынка, отечественные производители («Бабаевский», «Красный Октябрь», «СладКо») сосредоточились на дешевом сегменте; упавшие цены на рекламу позволили «Коркунову» занять значительную долю рынка и создать стратегический контроль за счет бренда. В маркетинговой стратегии Коркунов ориентировался на управление потребительским спросом, он одним из первых ушел от массовости, сделав ставку на премиум-сегмент: была создана именная торговая марка «А. Коркунов», разработан слоган «Высшее качество, изысканный вкус» использовалась оригинальная упаковка. Эти шаги помогли сформировать у конечного потребителя убеждение, что данные конфеты дают наслаждение от вкуса настоящего шоколада и превратить торговую марку в бренд. В 2006 Коркунов продает 80% акций компании вместе с одноименным брендом американской компании Wrigley. Это следующий стратегический шаг для создания бренда мирового значения «А.Коркунов». У них было два пути: либо оставаться национальным российским брендом и быть очень успешной компанией, но только в России, либо добиваться мирового признания. Коркунов выбрал второй путь. Объединение с Wrigley даст бренду дополнительный стимул для работы на зарубежных рынках. [10].

В период кризиса 2008 года продажи легковых автомобилей практически всех марок упали. Subaru принадлежит к финансово-зависимому кластеру, сильно пострадавшему от кризиса 2008-2009 годов не только в Европе и России, но и в США. В этих условиях Subaru смогла увеличить свои продажи и усилить конкурентное положение за счет реализации антикризисной стратегии правильного позиционирования и политики продаж. Subaru вывела на рынок новые актуальные модели (новые продукты). Своевременный запуск на рынок модели Subaru Forester третьего поколения обеспечил серьезный для условий кризиса рост продаж (107%). Компания предложила выгодные условия покупки своих автомобилей (новые цены) и смогла организовать эффективные продажи и дилерскую сеть.

Компания Alaska Milk закончила 1997 финансовый год с профицитом в 553 млн филиппинских песо. Этому содействовало подешевевшее в условиях кризиса сырье, низкие капитальные затраты компании, повысившийся во время кризиса спрос на продукцию. Alaska Milk Corporation (производит и поставляет сухой молочный порошок, готовое молоко и другие жидкие молочные продукты) во время азиатского кризиса реализовала политику осторожных поглощений (инструмент слияние и поглощение), что позволило компании к 2000 г значительно увеличить капитализацию, в полтора раза по сравнению с докризисным периодом (1997 г.). Основные инструменты – приобретение других производителей с сильным брендом, а также компаний дистрибьюторов, расширив их сеть, компания создала партнерство с фирмой Nabisco and Kellogg's, взяв на себя дистрибуцию ее товаров и застраховав себя от рисков, связанных с единственным продуктом в портфеле (стратегия пересмотра портфеля бизнесов, концентрация на основной деятельности)

Стратегии слияния и поглощения становятся все более популярными и Российская практика показывает, что кризис 2008 года подтолкнул к приобретению зарубежных активов на сумму около 17,5 млрд долларов. Так, машиностроительный холдинг «Тракторные заводы» в 2008 г. приобрел 74% акций немецкого литейного предприятия Luitpoldhutte AG, поставляющего детали и комплектующие для автомобилей. Благодаря этой покупке холдинг получил доступ к передовым европейским технологиям и выход на мировых производителей: Buhler, BHS Corrugated, Caterpillar, CNH, Copeland, Cummins, Danfoss Bauer и General Electric, являющихся клиентами приобретенной компании [10]. Из сделок 2008 года можно отметить приобретение российской «Харви Форестер» 85% акций финской Pinox Oy, по технологии которой покупатель выпускает лесозаготовительную технику [11].

Заключение

Итак, для разработки антикризисной стратегии следует принимать во внимание следующие критериальные показатели, которые позволяют определить отличительные характерные черты антикризисной стратегии:

- глубина преобразования кризисного предприятия;

- направления деятельности организации;
- располагаемые финансовые ресурсы организации для формирования антикризисного бюджета.

При принятии управленческого решения в рамках антикризисной стратегии менеджер должен определить направление деятельности по выходу и кризисной ситуации, которое будет являться ключевым: финансы, производство, маркетинг, реорганизация, инновации, т.е. выявить тип антикризисной стратегии по показателю доминирующего направления деятельности предприятия а, следовательно, и ключевого для успеха стратегии.

Таким образом, каждая коммерческая организация должна иметь в рамках разработанной стратегии новую бизнес-модель, план антикризисного реагирования, который поможет удержать контроль над ситуацией даже в случае крайне быстрого и негативного ее развития. Антикризисное менеджмент трактует кризис стратегически – то есть, нацелен не только на его преодоление, а и на профилактику, а также на грамотное посткризисное реагирование.

Библиографический список

1. Бунин, И. Государственный бизнес: Антикризисные стратегии // Аналитика. №3777 от 24.02.2015.
2. Коротков, Э.М. Антикризисное управление: учебник для бакалавров / Э. М. Коротков. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 406 с.
3. Михайлов, Л.М. Антикризисное управление в промышленности / Л.М. Михайлов. – М.: Изд-во «Экзамен», 2008. – 224 с.
4. Захаров, В.Я. Антикризисное управление. Теория и практика: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности экономики и управления / под ред. В.Я. Захарова. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2013. – 304 с.
5. Теория и практика антикризисного управления: Учебник / Под ред. С.Г. Беляева и В.И. Кошкина М.: Закон и право; ЮНИТИ, 2013. – 469 с.
6. Астраханцева, И.А. Финансовая реструктуризация несостоятельных предприятий как стратегия оздоровления в процессе антикризисного управления / И.А. Астраханцева. – М.: ФИНЭКО, 2012. – 118 с.
7. Основы антикризисного управления предприятиями: учеб. пособие для студ. Высш. учеб. завед./ под ред. Н.Н. Кожевникова – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 496 с.
8. Руденко, Г. Как поправить финансовое здоровье [Электронный ресурс] / Г. Руденко // Эффективное антикризисное управление. – 2014. – № 2 (83). – Режим доступа: http://www.info.e-c-m.ru/magazine/83/eau_83_278.htm

9. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: korkunov.ru, www.top20brands.ru

10. Нестеренко, Н.Ю. Инновационный потенциал слияний и поглощений в посткризисной экономике России / Н.Ю. Нестеренко, К.И. Ветютнева [Электронный ресурс] // Проблемы современной экономики. – 2012. – № 2 (42). – Режим доступа: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=4055>

11. Нестеров, А.Ю. Антикризисные функциональные стратегии развития предприятия / А.Ю. Нестеров // Журнал «Российское предпринимательство». – 2011. – № 2 (198). – С. 92-96.

STRATEGY OF PROFIT ORGANIZATIONS IN PRE-CRISIS AND CRISIS SITUATIONS

O.V. Sergienko, O.Y. Patlasov

Abstract. The paper dwells on the main approaches for development and selection of anti-crisis management's strategy of a profit organization with the influence of environment and priorities of its development. During the crisis every company develops anti-crisis strategy based on the crisis' scope, priority objects of development. As practice shows, success or failure in overcoming crisis depends on the right response, from the direction of the company, to external challenges and internal threats.

Keywords: cyclical development, anti-crisis strategy, anti-crisis response, solvency.

References

1. Bunin I. Gosudarstvennyj biznes: Antikrizisnye strategii [Public industry: Anti-crisis strategies]. *Analitika*, №3777 от 24.02.2015.
2. Korotkov Je.M. Antikrizisnoe upravlenie: uchebnik dlja bakalavrov [Anti-crisis management: a textbook for undergraduate students]. Moscow, Izdatel'stvo Jurajt, 2014. 406 p.
3. Mikhajlov L.M. Antikrizisnoe upravlenie v promyshlennosti [Anti-crisis management in the industry]. Moscow, Izd-vo «Jekzamen», 2008. 224 p.
4. Zaharov V.Y. *Antikrizisnoe upravlenie. Teorija i praktika: ucheb. posobie dlja studentov vuzov, obuchajushhhsja po special'nosti jekonomiki i upravlenija* [Anti-crisis management. Theory and practice: Textbook for students majoring in economics and management]. pod red. V.Ja. Zaharova. 2-e izd. pererab. i dop. Moscow, JuNITI-DANA, 2013. 304 p.
5. *Teorija i praktika antikrizisnogo upravlenija: Uchebnik* [Theory and practice of anti-crisis management: Textbook]. Pod red. S.G. Beljaeva i V.I. Koshkina. Moscow, Zakon i pravo; JuNITI, 2013. 469 p.
6. Astrahanceva I.A. *Finansovaja restrukturizacija nesostojatel'nyh predpriyatij kak strategija ozdorovlenija v processe antikrizisnogo upravlenija* [Financial restructuring insolvent enterprises as a strategy of recovery in the process of anti-crisis management]. Moscow, FINJeKO, 2012. 118 p.

7. *Osnovy antikrizisnogo upravlenija predpriyatijami: ucheb.posobie dlja stud. Vyssh.ucheb.zaved* [Basics of anti-crisis management of enterprises: Textbook for students]. pod red. N.N. Kozhevnikova. Moscow, Izdatel'skij centr «Akademija», 2010. 496 p.

8. Rudenko G. Kak popraviti finansovoe zdorov'e [How to regain financial health]. *Jeftivnoe antikrizisnoe upravlenie*, 2014, no 2 (83). Available at: http://www.info.e-c-m.ru/magazine/83/eau_83_278.htm.

9. [Electronic resource]. Available at: korkunov.ru, www.top20brands.ru, ru.wikipedia.org

10. Nesterenko N.Y., Vetyutneva K.I. Innovacionnyj potencial slijanij i pogloshhenij v postkrisisnoj jekonomike Rossii [Innovative potential of amalgamations and takeovers in the Russian post-crisis economy]. *Problemy sovremennoj jekonomiki*, 2012, no 2 (42). Available at: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=4055>

11. Nesterov A.Y. Antikrizisnye funkcional'nye strategii razvitija predpriyatija [Anti-crisis functional strategies of an enterprise's development]. *Zhurnal Rossijskoe predprinimatel'stvo*, 2011, no 2 (198). pp. 92-96.

Сергиенко Оксана Владимировна (Россия, г. Омск) – кандидат экономических наук, доцент, заместитель директора по научной и инновационной работе Омского института

(филиал) ФГБОУ ВПО «РЭУ им Г.В. Плеханова»; доцент кафедры Управления, политики и права Омской гуманитарной академии (644009, г. Омск, ул. 10 лет Октября, 195/18, e-mail: sergienkooks@mail.ru).

Патласов Олег Юрьевич (Россия, г. Омск) – доктор экономических наук, профессор, проректор по международной деятельности Омской гуманитарной академии; проректор по лицензированию и аккредитации Омского регионального института, профессор ТФ Омского государственного аграрного университета (644105, г. Омск, ул. 4-я Челюскинцев, 2 «А», e-mail: opatlasov@mail.ru).

Sergienko Oksana Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of economic sciences, associate professor, deputy director for scientific and innovative work of Omsk branch of Plekhanov Russian University of Economics; associate professor of the department "Management, politics and law" of Omsk humanitarian academy (644009, Omsk, 10 let Ocyabrya st., 195/18, e-mail: sergienkooks@mail.ru).

Patlasov Oleg Yurievich – doctor of economics, professor, vice rector for international activity of Omsk humanitarian academy; vice rector for licensing and accreditation of Omsk regional institute, professor of Omsk state agricultural university (644105, Omsk, 4th Chelyuskintsevs st., 2 "A", e-mail: opatlasov@mail.ru).

Требования по оформлению рукописей, направляемых в научный рецензируемый журнал “Вестник СибАДИ”

Для публикации принимаются рукописи по направлениям: **Транспорт. Транспортные и технологические машины; Строительство. Строительные материалы и изделия; Математическое моделирование. Системы автоматизации проектирования; Экономика и управление.**

Рукопись должна быть оригинальной, не опубликованной ранее в других печатных изданиях, написана в контексте современной литературы, обладать новизной и соответствовать профилю журнала. Автор отвечает за достоверность сведений, точность цитирования и ссылок на официальные документы и другие источники. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи, сотрудниками редакции, членами редколлегии, а также рецензентами данной работы.

1. Заголовок. На первой странице указываются: индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) (размер шрифта 10 пт) – слева в верхнем углу; Далее по центру полужирным шрифтом размером 12 пт прописными буквами печатается название статьи, ниже обычным шрифтом (12 пт.) – инициалы, фамилия автора, место работы и наименование города и страны.

Заглавие авторского материала, поступающего в редакцию, на русском и английском языках, должно быть адекватным его содержанию и по возможности кратким.

2. Аннотация. Статья должна иметь развернутую аннотацию (не менее 500 символов) на русском и английском языках. Начинается словом «**Аннотация**» с прописной буквы (шрифт полужирный, курсив, 10 пт); точка; затем с прописной буквы текст (курсив, 10 пт). Аннотация не должна содержать ссылки на разделы, формулы, рисунки, номера цитируемой литературы (**Приложение 1**).

3. Ключевые слова размещаются после аннотации, на русском и английском языках (не более 5 семантических единиц).

4. Содержание научной (практической) статьи должны включать:

- **вводную часть**, где автором обосновывается актуальность темы и целесообразность ее разработки, определяются цель и задачи исследования;

- **основную часть статьи**, разделенную на поименованные разделы, где автором на основе анализа и синтеза информации раскрываются процессы и методы исследования проблемы и разработки темы, подробно приводятся результаты проведенного исследования;

- **заключительная часть**, где автором формулируются выводы, даются рекомендации, раскрываются результаты исследования, содержащие научную новизну, указываются возможные направления дальнейших исследований.

По тексту обязательны **ссылки на источники информации** оформляются числами, заключенными в квадратные скобки (например [1]). Библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 и тщательно выверяются. Если ссылка на источник информации в тексте статьи повторяется, то повторно в квадратных скобках указывается его номер из списка (без использования в библиографическом списке следующего порядкового номера и ссылки «Там же»). В случае, когда ссылаются на различные материалы из одного источника, в квадратных скобках указывают каждый раз еще и номер страницы, например, [1, с. 17] или [1, с. 28–29].

5. Библиографический список. Печатается по центру ниже основного текста и через строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту. Желательно, чтобы для статьи объемом в 5-7 страниц количество ссылок в библиографическом списке было не менее 8. Отсутствие необоснованного самоцитирования: доля ссылок на статьи авторов рукописи, изданные ранее, не должно превышать 25% от общего количества ссылок (**Приложение 2**).

6. Библиографический список на латинице (References) (Приложение 3).

7. Информация об авторах (на русском / английском языке) Места работы всех авторов, их должности и контактная информация (если есть электронные адреса, обязательно указать их) (**Приложение 4**).

Правила оформления рукописи:

Объем рукописи должен быть не менее **5 страниц** и не должен превышать **7 страниц, включая таблицы и графический материал**. Рукопись должна содержать не более 5 рисунков и (или) 5 таблиц. Количество авторов не должно превышать четырех. Формат А4, шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный.

Поля: верхнее – 3,5 см, остальные – по 2,5.

Основной текст рукописи набирается шрифтом 10 пт.

Все сокращения при первом употреблении должны быть полностью расшифрованы, за исключением общепринятых терминов и математических величин.

Информация о грантах приводится в виде сноски в конце первой страницы статьи.

Формулы необходимо набирать в редакторе формул **Microsoft Equation**. Перенос формул допускаются на знаках «плюс» и «минус», реже – на знаке «умножение». Эти знаки повторяются в начале и в конце переноса. Формулы следует нумеровать (нумерация сквозная по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы.

Рисунки, схемы и графики предоставляются в электронном виде включенными в текст, в стандартных графических форматах с обязательной подрисовочной подписью, и отдельными файлами с расширением (**JPEG, GIF, BMP**). Должны быть пронумерованы (Таблица 1 – Заголовок, Рис. 1. Наименование), озаглавлены (таблицы должны иметь заглавие, выравнивание по левому краю, а иллюстрации – подрисовочные подписи, выравнивание по центру). В основном тексте должны содержаться лишь ссылки на них: **на рисунке 1.....**,

Рисунки и фотографии должны быть ясными и четкими, с хорошо проработанными деталями с учетом последующего уменьшения. При представлении цветных рисунков автор должен предварительно проверить их качество при использовании черно-белой печати.

Таблицы предоставляются в редакторе Word.

Отсканированные версии рисунков, схем, таблиц и формул не допускаются.

В редакцию необходимо предоставить следующие материалы:

- текст рукописи на русском языке в электронном и бумажном виде. (в редакторе Microsoft Office Word 2003 – шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный. с подписью авторов, с фразой: **«статья публикуется впервые» и датой;**

- **регистрационную карту автора:** фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, название организации, служебный адрес, телефон, e-mail (**Приложение 5**);

- **рецензию специалиста с ученой степенью** по тематике рецензируемого материала. Рецензия должна быть заверенная в отделе кадров той организации, в которой работает рецензент (**Приложение 6**);

- **экспертное заключение** о возможности опубликования в открытой печати (**Приложение 7**);

- **лицензионной договор** между ФГБОУ ВПО «СибАДИ» и авторами (**Приложение 8**);

- **справку о статусе / месте учебы** (если автор является аспирантом).

Решение о принятии к публикации или отклонении рукописи принимается редколлегией.

Редакция направляет авторам статьи, требующих доработки, письмо с текстом замечаний. Доработанная статья должна быть представлена в редакцию не позднее **двух недель**. К доработанной статье должно быть приложено письмо от авторов, содержащее ответы на все замечания и указывающее все изменения, сделанные в статье.

К публикации в одном номере издания принимается не более одной статьи одного автора.

Редакция сохраняет за собой право производить литературную редакцию и коррекцию материалов в соответствии с требованиями современного русского языка и стилем издания без согласования с автором (-ами). При необходимости более серьезных исправлений правка согласовывается с автором (-ами) или статья направляется автору (-ам) на доработку.

Название файлов должно быть следующим: «Статья_Иванова_АП», «Рисунки_Иванова_АП», «РК_Иванова_АП», «РФ_ст_Иванова_АП»

Статьи, направляемые в редакцию, без соблюдения выше перечисленных требований, не публикуются.

Контактная информация:

e-mail: Vestnik_Sibadi@sibadi.org;

Почтовый адрес: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия. Редакция научного рецензируемого журнала «Вестник СибАДИ»,

патентно-информационный отдел – каб. 3226.

Тел. (3812) 65-23-45, сот. 89659800019

Выпускающий редактор «Вестника СибАДИ» - Юренко Татьяна Васильевна

Поступившие в редакцию материалы не возвращаются.

Гонорары не выплачиваются.

Статьи аспирантов публикуются бесплатно.

Информация о научном рецензируемом журнале «Вестник СибАДИ» размещена на сайте: <http://vestnik.sibadi.org>