

ISSN 2071-7296



СИБАДИ®

ВЕСТНИК

СИБАДИ



№ 1(41)/2015

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

ВЕСТНИК СибАДИ

Выпуск 1 (41)

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.

Лим Донг Ох, доктор инженерных наук, профессор, Президент
Университета Джунгбу, 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 Kozniowski - 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.

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 academician 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 Kozniowski - 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 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 28.01.2015 г. Формат 60×84 1/8. 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

М. Е. Агапов Устройство управления положением рабочего органа в поперечной плоскости цепного траншейного экскаватора	7
Р. Ф. Калимуллин Эффективность предпускового подогрева автомобильного двигателя	11
В. Н. Кузнецова, В. В. Савинкин Разработка конструкции гибридного привода поворотной платформы землеройной машины для выполнения строительных работ	17
В. Лис Анализ относительных перемещений сопряжённых элементов уплотнений межкатковых клиновидных зазоров раскатывающих проходчиков скважин	24
Ю. Ф. Савельев, В. Я. Шевченко, Н. Ю. Симак Рессорное подвешивание подвижного состава, обеспечивающее повышение безопасности и скорости движения	30
Л. С. Трофимова, В. В. Анохин Анализ применения теоретических положений грузовых автомобильных перевозок для описания функционирования автотранспортных предприятий в текущем режиме	36
А. И. Федотов, Е. М. Портнягин Комплекс для экспериментального исследования динамики разгона автомобиля	42

РАЗДЕЛ II СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Н. П. Александрова, А. С. Александров, В. В. Чусов Модификация критериев прочности и условий пластичности при расчетах дорожных одежд	47
Е. А. Коротков, А. О. Константинов, А. А. Мельникова, К.С. Иванов «Диатомик» - новый теплоизоляционный материал для дорожного строительства в условиях криолитозоны	55
А. Ф. Косач, И. Н. Кузнецова, А. Б. Демидов, Ю. В. Берёзкина Свойство бетона на основе модифицируемого высокодисперсного торфа	61
Ю. В. Краснощеков, М. Ю. Заполева Вероятностное проектирование конструкций по заданному уровню надежности	68
В. А. Шнайдер, В. В. Сиротюк, Е. Ю. Мосур Определение коэффициента шероховатости геоматов	73

РАЗДЕЛ III МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

М. И. Зимин Выбор концепции защиты дорог от лавин	80
И. В. Лазута, Е. Ф. Лазута Динамическая модель бульдозера с полужесткой подвеской	86
В. А. Михеев Оценка эксплуатационной экономичности дизельных локомотивов на заданном участке обслуживания	91

РАЗДЕЛ IV ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

А. Е. Миллер	
Кластерное развитие промышленного сектора экономики России	97
Е. В. Табачникова	
Влияние модели конкуренции на рыночное поведение грузового автотранспортного предприятия	105
В. Ю. Тюрина, А. А. Ипполитова	
Опыт Саратовской области по коммерциализации объектов интеллектуальной собственности на базе технопарков	111
С. М. Хаирова, С. В. Потапова	
Особенности развития логистических бизнес-процессов в современных условиях	118

РАЗДЕЛ V ВУЗОВСКОЕ И ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Н. А. Бурмистрова, Н. А. Мещерякова	
Компьютерные технологии обучения математике в экономическом вузе	125
А. П. Жигadlo, А. И. Бокарев, Т. П. Хохлова	
Профессиональная деятельность бакалавра и основные требования к выпускной квалификационной работе на соискание степени «прикладной бакалавр»	132
Р. Б. Карасева	
Методика оценки компетенций выпускника вуза	137

CONTENTS

PART I TRANSPORTATION. TRANSPORT TECHNOLOGICAL MACHINERY

M. E. Agapov Apparatus for controlling the position of an operating device in the transversal plane of a chain trench excavator	7
R. F. Kalimullin The efficiency of automotive engine's preheat	11
V. N. Kuznetsova, V. V. Savinkin Development of hybrid drive's construction of a traversing platform of an earthmoving machine for implementing construction works	17
V. Lis The analysis of relative movements of consolidations' mating elements of the interroller wedge-shaped gaps rolling tunnelers of wells	24
Y. F. Saveliev, V. Y. Shevchenko, N. Y. Simak The spring suspension of a rolling stock providing safety improvement and increase of running speed	30
L. S. Trofimova, V. V. Anokhin The analysis of applying theoretical provisions of trucking for the description of autotransport enterprises' functioning in a current mode	36
A. I. Fedotov, E. M. Portnyagin Complex for experimental research of the acceleration's dynamics	42

PART II ENGINEERING. BUILDING MATERIALS AND STRUCTURES

N. P. Alexandrova, A. S. Aleksandrov, V. V. Chusov Modification of strength criteria and plasticity's conditions in calculation of pavements	47
E. A. Korotkov, A. O. Konstantinov, A. A. Melnikova, K. S. Ivanov "Diatomik" – new thermal insulating material for road construction in the conditions of cryolithic zone	55
A. F. Kosach, I. N. Kuznecova, A. B. Demidov, J. V. Berezkina Manufacture of concrete on the basis of modified finely dispersed peat	61
Yu. V. Krasnoshchekov, M. Yu. Zapoleva Probabilistic design of a structure by the given level of reliability	68
V. A. Shnaider, V. V. Sirotuk, T. P. Troyan, E. Y. Mosur Determination of geomats' roughness coefficient	73

PART III MATHEMATICAL MODELING. SYSTEMS OF AUTOMATION DESIGNING

M. I. Zimin Selection of concept of roads protection against avalanches	80
I. V. Lazuta, E. F. Lazuta A dynamic model of a bulldozer with a semi-rigid suspension	86
V. A. Mikheyev Assessment of operational economy of diesel locomotives on the given area of service	91

PART IV ECONOMICS AND MANAGEMENT

A. E. Miller Cluster development of industrial sector of Russian economy	97
E. V. Tabachnikova Influence of a competition model on the market behavior of a cargo motor transport enterprise	105
V. Y. Turina, A. A. Ippolitova Experience of the saratov region in commercialization of intellectual property's objects on the basis of science parks	111

S. M. Khairova, S. V. Potapova Peculiarities of developing logistic business processes in modern conditions	118
---	-----

**PART V
GRADUATE EDUCATION**

N. A .Burmistrova, N. A. Meshcheryakova Computer technologies of teaching mathematics in economic university	125
A. P. Zhigadlo, A. I. Bokarev, T. P. Khokhlova Professional activity of a bachelor and main requirements to the final qualification thesis for a degree "The applied bachelor"	132
R. B. Karaseva Methodology of assessing competencies of university graduates	137

РАЗДЕЛ I

ТРАНСПОРТ.

ТРАНСПОРТНЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

УДК 621.879.44

**УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ РАБОЧЕГО ОРГАНА
В ПОПЕРЕЧНОЙ ПЛОСКОСТИ ЦЕПНОГО ТРАНШЕЙНОГО ЭКСКАВАТОРА**

М. Е. Агапов

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск

***Аннотация.** Данная статья содержит результаты исследований устройства управления рабочим органом цепного траншейного экскаватора поперечной плоскости. В статье описано устройство управления рабочим органом цепного траншейного экскаватора в поперечной плоскости. Рассмотрена работа устройства управления при появлении возмущающих воздействий. Выявлены зависимости влияния основных параметров устройства управления на вертикальность стенок открытой траншеи и производительность экскаватора, выраженной в длине траншеи.*

***Ключевые слова:** землеройные машины, рабочий орган, экскаватор, цепной траншейный экскаватор, устройство управления.*

Введение

Для управления рабочим оборудованием землеройных машин используют различные устройства управления. Одно из них это устройство управления рабочим органом в поперечной плоскости. Это устройство управления необходимо для получения заданных профиля и уклона траншеи, эти виды работ требуют значительных затрат времени и труда, а невыполнение требований существенно снижает качество работ, вызывает перерасход материалов и т. п [1].

Актуальность исследований.

В настоящее время высокими темпами идет строительство магистральных трубопроводов, что невозможно без использования землеройных машин (ЗМ). Большое распространение получили траншейные экскаваторы непрерывного действия.

К траншеям предъявляют жесткие требования, а именно, отклонение геометрической формы траншеи от проектной документации не должно превышать заданных пределов [2]. Это приводит к необходимости постоянного повышения качества производимых устройств управления рабочим органом и соответствие ведущим международным стандартам.

При работе цепного траншейного экскаватора оператор не в состоянии

выдержать необходимую точность без специальных устройств управления [3].

Для цепного траншейного экскаватора характерно наличие двух основных движений рабочего органа: главного рабочего движения – поступательно-вращательного для цепного рабочего органа и вспомогательного-поступательного движения за счет базовой машины. Для цепного траншейного экскаватора качество работ определяется вертикальной координатой дна траншеи и углом наклона рабочего органа в поперечной плоскости.

Исходя из этого, можно выявить направление автоматизации цепного траншейного экскаватора[3,4,5]:

- автоматическое управление положением рабочего органа цепного траншейного экскаватора с целью обеспечения высокого качества работ, т.е. требований к геометрической точности траншеи.

Автоматизация операций по этому направлению связана с обеспечением требуемой точности выполнения операций, контроль за которыми со стороны человека-оператора становится невозможным из-за отсутствия измерительных приборов по контролируемым величинам[6,7,8].

Целью теоретических исследований является анализ и синтез основных параметров устройства управления рабочим

органом цепного траншейного экскаватора на основе математической модели рабочего процесса цепного траншейного экскаватора, включающей в себя модель воздействий со стороны грунта и модель неуправляемых перемещений базовой машины [3,6].

Работа устройства управления. Во время работы траншейного экскаватора при наезде на неровность одной из гусениц машина наклоняется, тем самым изменяется угол рабочего органа относительно гравитационной вертикали в поперечной

плоскости. Устройство управления позволяет компенсировать этот угол, наклоняя базу машины посредством гидроцилиндров. На рисунке.1 можно наглядно проследить, как изменился угол наклона базы при наезде на неровность 0.2 м, после чего устройство управления начало работать и компенсировать угол отклонения. А на рисунке 2 представлен график выдвигания штока гидроцилиндра.

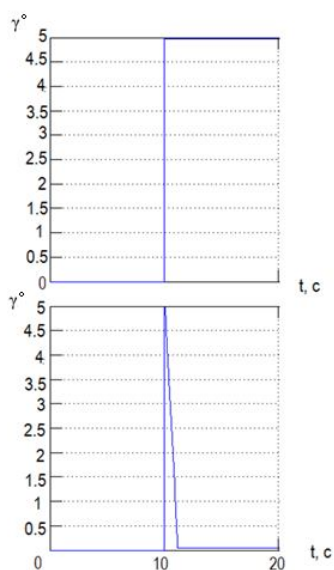


Рис. 1. Изменение угла базы траншейного экскаватора от наезда на неровность (а) и компенсации угла отклонения (б)

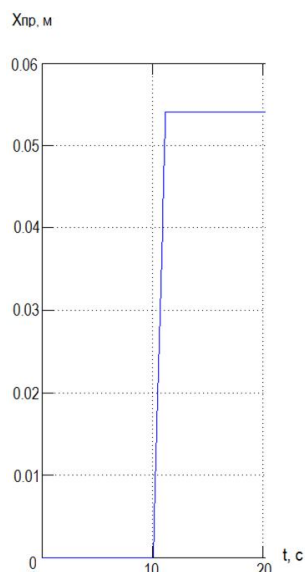


Рис. 2. Выдвижение штока гидроцилиндра

Из рисунка видно, что присутствует статическая ошибка, она появляется из-за времени запаздывания гидропривода и зоны нечувствительности порогового элемента срабатывания устройства управления.

Так как при разработке траншеи рабочий орган заглублен в грунт, а в данной работе рассматривается заглубление рабочего органа в грунт на 2 м, то при изменении угла наклона базы машины грунт будет создавать силу реакции. В работе сила действия грунта на рабочий орган принята распределенной по всей длине рабочего органа. Изменение реакции грунта на рабочий орган представлен на графике 3. Из рисунков 1 и 2 видно, что перерегулирование устройства управления отсутствует, это положительно сказывается на долговечности оборудования из-за снижения количества включений. Как видно из графика на рисунке 3 реакция грунта на рабочий орган, возрастает при наклоне базы машины.

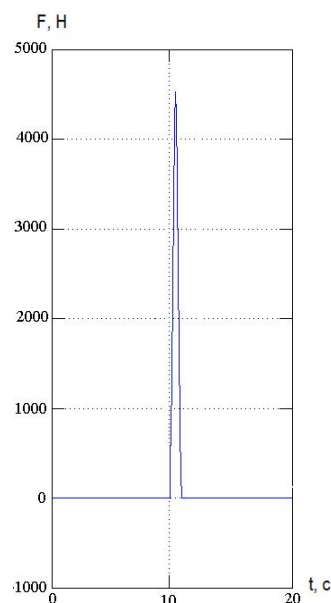


Рис. 3. Изменение силы реакции грунта на рабочий орган при компенсации угла отклонения на величину 5

Проанализировав математическую модель и проведя аппроксимацию полученных данных, были получены графики зависимости угла отклонения рабочего органа от скорости изменения наклона базы и линейной скорости движения экскаватора и зависимости производительности от скорости изменения наклона базы и линейной скорости

движения. Графики зависимостей представлены на рисунках 4, 5, 6, 7. Из графиков можно проследить, при каких значениях скорости поворота базы и линейной скорости движения экскаватора угол отклонения рабочего органа от гравитационной вертикали минимальный и максимальная производительность.

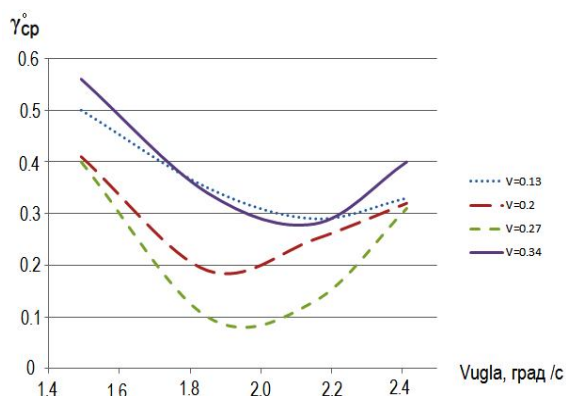


Рис. 4. Функциональная зависимость угла отклонения рабочего органа от скорости изменения наклона базы

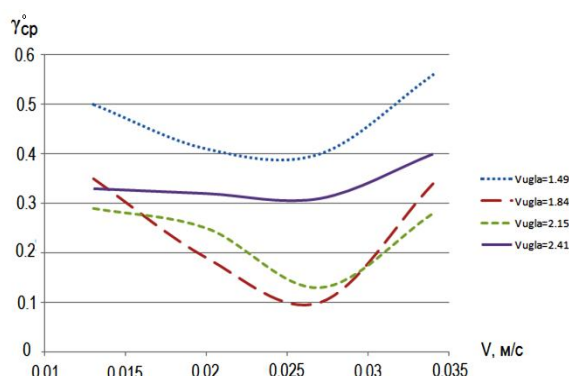


Рис. 5. Функциональная зависимость угла отклонения рабочего органа от скорости движения экскаватора

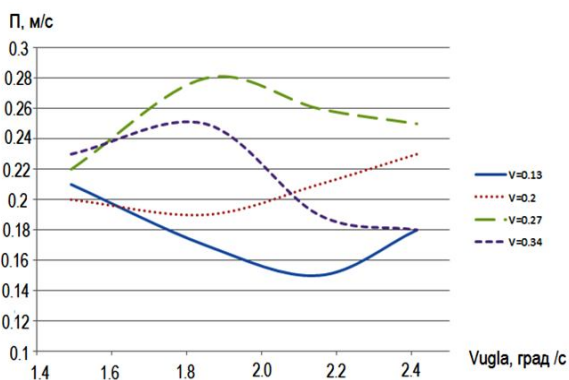


Рис. 6. Функциональная зависимость производительности экскаватора от скорости изменения наклона базы

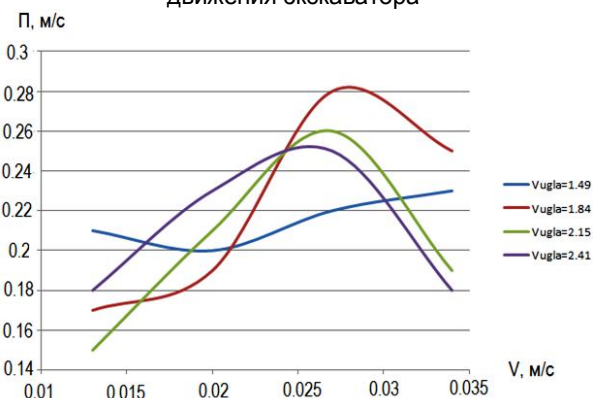


Рис. 7. Функциональная зависимость производительности экскаватора от скорости движения экскаватора

За производительность была принята длина разработанной траншеи, т.к. при резком изменении угла на большую величину, экскаватор останавливается, а когда угол становится меньше зоны нечувствительности, то экскаватор продолжает движение. При этом большая скорость движения не дает большую производительность; т.к. устройство управления не успевает вовремя «отработать» возмущающее воздействие, потребуются большее число остановок, что отрицательно скажется на производительности.

Заключение

Полученные данные позволяют оценить влияние основных параметров устройства управления рабочим органом цепного

траншейного экскаватора в поперечной плоскости на производительность и вертикальность отрытой траншеи. Результаты теоретических исследований использованы в дальнейшем для составления инженерной методики расчета основных параметров устройства управления рабочим органом цепного траншейного экскаватора в поперечной плоскости. Что приведет к совершенствованию устройства управления цепного траншейного экскаватора.

Библиографический список

1. Сухарев, Р. Ю. Алгоритм системы автоматизации проектирования конструктивных параметров гусеничной ленты цепного траншейного

экскаватора / Р. Ю. Сухарев, С. Д. Игнатов // Вестник СибАДИ – 2012. – № 1(23). – С. 68-71.

2. СНиП 3.05.04-85. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. – М.: ЦИТП, 1990. – 48 с.

3. Щербаков, В. С. Совершенствование системы управления рабочим органом цепного траншейного экскаватора: монография / В. С. Щербаков, Р. Ю. Сухарев - Омск: СибАДИ, 2011. – 150 с.

4. Суковин, М. В. Система автоматизации проектирования устройства управления гидрообъемной трансмиссией цепного траншейного экскаватора: монография / Р. Ю. Сухарев, М. В. Суковин. – Омск: СибАДИ, 2013. – 120 с.

5. Щербаков, В. С. Автоматизация проектирования основных параметров устройства управления рабочим органом бульдозерного агрегата: монография / В. С. Щербаков, И. В. Лазута, Е. Ф. Денисова. – Омск: СибАДИ, 2012. – 128 с.

6. Агапов, М. Е. Моделирование процесса взаимодействия рабочего органа цепного траншейного экскаватора с грунтом в поперечной плоскости в программном комплексе MATLAB. / М. Е. Агапов // Вестник ИрГТУ – 2014. – № 3. – С. 21-24.

7. Игнатов, С. Д. Система автоматизации проектирования основных геометрических параметров гусеничной ленты цепного траншейного экскаватора: монография / С. Д. Игнатов, В. С. Щербаков, Р. Ю. Сухарев. – Омск, 2014. – 144 с.

8. Лазута, И. В. Моделирование землеройно-транспортных машин в среде Matlab-Simulink: методические указания к выполн. лаб. работ / И. В. Лазута, В. С. Щербаков, А. А. Руппель, С. А. Милюшенко. – Омск: СибАДИ, 2010. – 49 с.

APPARATUS FOR CONTROLLING THE POSITION OF AN OPERATING DEVICE IN THE TRANSVERSAL PLANE OF A CHAIN TRENCH EXCAVATOR

M. E. Agapov

Abstract. The present article contains results of theoretical researches of apparatus for controlling an operating device in the transversal plane of a chain trench excavator. The author describes an apparatus for controlling an operating device in the transversal plane of a chain trench excavator. There is described the work of control apparatus at occurrence of perturbation actions. There are revealed dependences of influencing key parameters of control apparatus on verticality of open trench's walls and productivity of an excavator expressed in a trench's length.

Keywords: earth-moving machines, operating device, excavator, chain trench excavator, control apparatus.

References

1. Sukharev R. Ju., Ignatov S. D. Algoritm sistemy avtomatizacii proektirovanija konstruktivnyh parametrov gusenichnoj lenty cepnogo transhejnogo jekskavatora

[Algoritm of computer-aided engineering system of constructive parameters of a chain trench excavator's caterpillar track]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 1(23). pp. 68-71.

2. SNiP 3.05.04-85. *Naruzhnye seti i sooruzhenija vodosnabzhenija i kanalizacii* [Construction Norms and Regulations 3.05.04-85. External networks and structures of water supply and sewerage sytem]. Moscow, CИTP, 1990. 48 p.

3. Shherbakov V. S., Sukharev R. Y. *Sovershenstvovanie sistemy upravlenija rabochim organom cepnogo transhejnogo jekskavatora: monografija* [Perfecting system of controlling operating device of a chain trench excavator: the monograph]. Омск: SibADI, 2011. 150 p.

4. Sukovin M. V., Suharev R. Y. *Sistema avtomatizacii proektirovanija ustrojstva upravlenija gidroobemnoj transmissiej cepnogo transhejnogo jekskavatora: monografija* [Computer-aided engineering system of an apparatus controlling hydraulic displacement transmission of a chain trench excavator: monograph]. Омск, SibADI, 2013. 120 p.

5. Shherbakov V. S., Lazuta I. V., Denisova E. F. *Avtomatizacija proektirovanija osnovnyh parametrov ustrojstva upravlenija rabochim organom bul'dozer'nogo agregata: monografija* [Computer-aided engineering of main parameters of an apparatus controlling operating device of a bulldozer's unit: monograph]. Омск: SibADI, 2012. 128 p.

6. Agapov M. E. Modelirovanie processa vzaimodejstvija rabocheho organa cepnogo transhejnogo jekskavatora s gruntom v poperechnoj ploskosti v programmnom komplekse MATLAB [Modeling process of interacting operating device of a chain trench excavator with soil in transversal plane in the MATLAB program complex]. *Vestnik IrGTU*, 2014, no 3. pp. 21-24.

7. Ignatov S. D., Shherbakov V. S., Suharev R. Y. *Sistema avtomatizacii proektirovanija osnovnyh geometricheskikh parametrov gusenichnoj lenty cepnogo transhejnogo jekskavatora: monografija* [Computer-aided engineering system of main geometrical parameters of a chain trench excavator's caterpillar track: monograph]. Омск, 2014. 144 p.

8. Lazuta I. V., Shherbakov V. S., Ruppel A. A., Miljushenko S.A. *Modelirovanie zemlerojno-transportnyh mashin v srede Matlab-Simulink: metodicheskie ukazaniya k vypoln. lab. robot* [Modeling of earth-moving machines in the Matlab-Simulink medium: methodical instructions to implementing lab. works]. Омск, SibADI, 2010. 49 p.

Агапов Максим Евгеньевич (Россия, г. Омск) – преподаватель кафедры Механика, ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5. e-mail: maksim.agapov@inbox.ru.)

Agapov Maxim Evgenievich (Russian Federation, Омск) – lecturer of the department «Mechanics» of the Siberian state automobile and highway academy (SibADI). (644080, Омск, Mira Ave., 5. e-mail: maksim.agapov@inbox.ru)

УДК 621.43:629.06

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВА АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Р. Ф. Калимуллин

Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург

Аннотация. В статье решается проблема обеспечения пусковых качеств автомобильных двигателей на основе рационального выбора системы предпускового подогрева. Представлены основные положения расчетно-экспериментальной методики оценки эффективности систем предпускового подогрева автомобильного двигателя. Методика позволяет установить области начальных температур двигателя, при которых за однократный пуск экономический эффект от снижения пусковых износостойкостей при применении системы превышает эксплуатационные затраты, связанные с её приобретением, установкой и эксплуатацией.

Ключевые слова: режим пуска, автомобильный двигатель, предпусковой подогрев, смазочный процесс, эффективность.

Введение

При эксплуатации автомобилей в условиях низких температур окружающей среды в последнее время получают распространение различные системы предпускового подогрева двигателя [1]. Среди многообразия систем практически важным вопросом остается их выбор с позиций эффективности. При использовании систем важно добиваться не только обеспечения пусковых качеств двигателей, но и снижения пусковых износостойкостей подвижных сопряжений, лимитирующих ресурс двигателя в большей степени и являющихся источниками существенных затрат при отказе. По разным оценкам на долю пусковых износостойкостей приходится от 10 до 60 % от общего эксплуатационного износа [2]. Наиболее подвержены износам подшипники коленчатого вала, особенно при холодных пусках при безгаражном хранении, поскольку в таких условиях в них нарушается смазочный процесс, а его нормализация затруднительна. Поэтому, использование систем предпускового подогрева автомобильного двигателя в заданных условиях эксплуатации должно быть эффективным с позиций снижения пусковых износостойкостей.

Таким образом, исследования, направленные на обеспечение пусковых качеств автомобильного двигателя при одновременном повышении его долговечности за счет использования систем предпускового подогрева, являются актуальными.

Решением проблем низкотемпературных пусков посвящено большое количество работ, выполненных отечественными и зарубежными учеными, например [3, 4]. Разработкой систем предпускового подогрева

автомобильного двигателя и исследованием их эффективного применения занимаются такие ВУЗы, как МАДИ, РВАИ, СибАДИ, СГТУ, ТюмГНГУ и др.

Для оценки эффективности систем предпускового подогрева автомобильного двигателя пригодны положения методики рационального выбора способа безгаражного хранения автомобиля, разработанной в МАДИ [5] и основанной на сравнении характеристик потери эффективности для двигателя в единицах эквивалентного по износу пробегу при однократном пуске, а также годовых энергетических затрат на пуск при обогреве двигателя. Также можно использовать подход разработанной в ТюмГНГУ [6] методики оценки эффективности способа межсезонного хранения автомобилей на стоянке по показателю E , который представляет собой отношение показателя качества к показателю затрат на сооружение и эксплуатацию этой стоянки. Оптимальная стоянка выбирается по критерию максимума эффективности E . Среди прочих частных показателей качества межсезонного хранения включаются пусковой износ двигателей, выраженный эквивалентом пробега, а также затраты топлива на прогрев двигателя на холостом ходу и агрегатов трансмиссии и шин в процессе движения после стоянки.

Вместе с тем, данные методики не позволяют учесть влияние предпускового подогрева на уменьшение изнашивания подвижных сопряжений на режиме пуска. Кроме того, в ГОСТ Р 53840-2010 «Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Методы испытаний» отсутствует требование к минимизации пусковых износостойкостей и соответствующих параметров оценки

пусковых качеств двигателей и показателей при испытании систем предпускового подогрева автомобильного двигателя. Одной из основных причин этого является не достаточная разработанность методов и средств экспериментальных исследований процессов смазывания и изнашивания в парах трения на режимах пуска автомобильного двигателя. Вместе с тем, решение этих проблем открывает новые возможности и позволяет выявить резервы повышения долговечности двигателей, прежде всего, путем эффективного использования систем предпускового подогрева автомобильного двигателя.

Изучению режимов смазки и величины износов деталей автомобильных двигателей на пусковых режимах посвящены работы многих исследователей, например [1, 7].

Для оценки смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала перспективны электрофизические методы и средства трибомониторинга. Практическое использование таких методов и средств в решениях различных технических задач показано в работах С. М. Захарова, И. И. Карасика, К. В. Подмастерьева, В. В. Рапина, А. И. Свириденка и др.

В работах [8, 9] представлены математические модели, экспериментальные методики и результаты оценки смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала автомобильных двигателей на режиме пуска. Имеющаяся методическая и техническая базы могут быть использованы при решении задачи оценки эффективности использования систем предпускового подогрева автомобильного двигателя и определения условий их рационального использования.

Объектом настоящего исследования [10 - 12] являлся процесс изменения показателей работы систем автомобильного двигателя при низких температурах окружающей среды, предметом - закономерности изменения показателей смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала и топливно-экономических показателей автомобильного двигателя на режиме низкотемпературного пуска. Цель исследования - повышение долговечности автомобильных двигателей за счет экономически эффективного использования систем их предпускового подогрева.

Использование систем предпускового подогрева автомобильного двигателя способствует на режиме пуска уменьшению интенсивности изнашивания подшипников коленчатого вала за счет нормализации

смазочного процесса, однако это происходит за счет затрат на приобретение, установку и эксплуатацию (расхода топлива и энергии) системы.

Теоретическое обоснование показателя оценки эффективности предпускового подогрева

Оценку пригодности использования систем предпускового подогрева автомобильного двигателя предлагается производить с помощью показателя трибо-экономической эффективности K_{IQ} . Под трибо-экономической эффективностью понимается показатель, определяемый соотношением экономического эффекта от снижения износа двигателя (т.е. триботехнический результат) и экономических затрат, обеспечивших этот эффект. Исходя из этого определения значение показателя равно отношению экономии затрат на ремонт двигателя K_I к сумме затрат на приобретение и установку (монтаж) K_S системы и дополнительного расхода топлива (энергии) K_Q при работе системы:

$$K_{IQ} = \frac{K_I}{K_Q + K_S} = \frac{R_L L_{I \varepsilon} \left(1 - \frac{I_{i, \varepsilon}^{II}}{I_{i, \varepsilon}^{AC}}\right)}{R_Q Q_T^{AC} \left(1 - \frac{Q_{i, \varepsilon}^{II}}{Q_{i, \varepsilon}^{AC}}\right) + K_S}, \quad (1)$$

где R_L - экономия затрат на ремонт двигателя от уменьшения на 1 км. эквивалентного по износу пробега при однократном пуске, руб/км; $L_{I \varepsilon}$ - эквивалентный по износу пробег при однократном пуске, км; $I_{i, \varepsilon}^{II}$ и $I_{i, \varepsilon}^{AN}$ - значения удельной интегральной интенсивности изнашивания подшипников на режиме пуска с применением предпускового подогрева и без него (в базовом состоянии); R_Q - затраты на 1 мл. топлива, руб/мл.; $Q_{i, \varepsilon}^{II}$ и $Q_{i, \varepsilon}^{AC}$ - объем топлива, израсходованный на прогрев двигателя с применением предпускового подогрева и без него, мл.

Значения постоянных параметров R_L , R_Q , K_S , входящих в формулу (1), устанавливаются исходя из конкретных моделей двигателя, марки топлива и системы предпускового подогрева автомобильного двигателя. Так, например, для двигателей семейства ВАЗ, бензина АИ-95 и электрического нагревателя масляного фильтра «Теплостарт» значения соответственно: $R_L = 1$ руб/км; $R_Q = 0,035$ руб/мл.; $K_S = 0,56$ руб.

Для определения эквивалентного по износу пробега при однократном пуске в работе использована формула, предложенная в работе [7]:

$$L_{i\dot{\epsilon}} = \frac{270}{\dot{O}_{AA}^0 + 40} \quad (2)$$

Параметр l_i «удельная интегральная интенсивность изнашивания подшипников коленчатого вала» дает косвенную оценку интенсивности изнашивания при допущении, что интенсивность изнашивания пропорциональна относительной длительности контактирования трущихся поверхностей и доли индикаторной мощности, вырабатываемой двигателем в момент контактирования. Физический смысл заключается в том, что его значение показывает, какую долю составляет интенсивность изнашивания подшипников коленчатого вала на текущем режиме работы двигателя относительно интенсивности изнашивания на режиме номинальной мощности при постоянном контактном взаимодействии подшипников. Параметр безразмерен, принимает значение от 0 до 1.

В общем случае текущее значение $l_{i,x}$ определяется по формуле:

$$l_{i,x} = (1 - E_{g,x}) \frac{N_{i,x}}{N_i^{max}}, \quad (3)$$

где $E_{g,x}$ - текущее значение параметра «интегральная степень существования смазочного слоя в подшипниках коленчатого вала»; N_i^{max} и N_i - индикаторная мощность двигателя максимальная и текущая соответственно, кВт.

В частном случае на холостом ходу двигателя индикаторная мощность равна мощности механических потерь, и формула (3) принимает следующий частный вид:

$$l_{i,x} = (1 - E_{g,x}) \frac{n_x(a_i + b_i S n_x / 30)}{n^{max}(\rho_e^{max} + a_i + b_i S n^{max} / 30)}, \quad (4)$$

где a_M и b_M - экспериментальные коэффициенты, величины которых зависят от числа цилиндров, отношения хода поршня к диаметру цилиндра и от типа двигателя; S - ход поршня, м; n_x и n^{max} - текущая и номинальная частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹; ρ_e^{max} - среднее эффективное давление при номинальной частоте, МПа.

Параметры S , n^{max} и ρ_e^{max} являются паспортными данными для конкретной модели двигателя.

Параметр «интегральная степень существования смазочного слоя в подшипниках коленчатого вала» используется для обобщенной оценки смазочного процесса в системе подшипников коленчатого; принимает безразмерные

значения от 0 до 1 и зависит от множества факторов:

$$E_g = E_g(M_{кр}, n, h_{кр}, \mu(\dot{O}_i), \dot{O}_{i\dot{\epsilon}}, \delta_i, \Delta, \dots), \quad (5)$$

где $M_{кр}$ - крутящий момент на коленчатом валу, Н·м; n - частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹; $\mu(T_M)$ - зависимость динамической вязкости масла (Па·с) от температуры масла T_M (°С); $T_{МП}$ - температура масла на входе в подшипник, °С; $p_{п}$ - давление масла на входе в подшипник, МПа; $h_{кр}$ - критическая толщина смазочного слоя, м; Δ - диаметральный зазор в подшипнике, м.

При прогреве двигателя на холостом ходу значения параметров Δ и $h_{кр}$, а также вязкостно-температурная характеристика масла $\mu(\dot{O}_i)$ в модели (1) являются неизменными, а параметры n , $T_{МП}$ и $p_{п}$ зависят от времени t_x на режиме пуска и предпускового теплового состояния двигателя. Это позволяет определять значения параметра $E_{g,x}$ в зависимости от текущих значений частоты вращения коленчатого вала n_x , температуры масла $T_{МП,x}$ и теплового состояния TS , используя модель $E_{g,x}(T_{i\dot{\epsilon},x}, n_x, t_x, TS)$. Учитывая, что температура масла $T_{МП,x}$ зависит от начальной температуры двигателя \dot{O}_{AA}^0 и времени t_x прогрева, т.е. $\dot{O}_{i\dot{\epsilon},\delta}(\dot{O}_{AA}^0, n_x, t_x)$, то модель (4) примет обобщенный вид:

$$l_{i,x} = f(E_{g,x}, \dot{O}_{AA}^0, n_x, \dot{O}S, t_x). \quad (6)$$

Остальные входящие в формулу параметры (5) $I_{i,x}^{\dot{\epsilon}}$, $I_{i,\delta}^{AN}$, $Q_O^{\dot{\epsilon}}$ и Q_T^{AC} являются функциями от \dot{O}_{AA}^0 . С учетом этого $\dot{E}_{iQ} = f(\dot{O}_{AA}^0)$. Условием рационального использования системы предпускового подогрева автомобильного двигателя является $\dot{E}_{iQ} > 1$.

Методика и результаты экспериментальных исследований

Вид зависимостей $I_i^{\dot{\epsilon}}(\dot{O}_{AA}^0)$, $I_i^{AC}(\dot{O}_{AA}^0)$, $Q_T^{AC}(\dot{O}_{AA}^0)$ и $Q_O^{\dot{\epsilon}}(\dot{O}_{AA}^0)$ определен в результате экспериментальных исследований. Исследования проведены с использованием одной из систем предпускового подогрева автомобильного двигателя - бортового электрического нагревателя масляного фильтра «Теплостарт» (модель НЭАП-М) фирмы «МР Универсал».

В основу экспериментальных исследований была положена укрупненная математическая (кибернетическая) модель,

содержащая входные (начальная температура двигателя \dot{O}_{AA}^0 , тепловое состояние масляного фильтра TS) и выходные ($n_x, t_x, E_{g,x}, T_{дв,x}$, часовой расход топлива $G_{T,x}$ и определяемые зависимости $I_{i,x} = (\dot{O}_{AA}^0, n_x, t_x, TS)$ и $Q_{O,x} = (\dot{O}_{AA}^0, t_x, TS)$) переменные.

Исследования проводились на автомобильном бензиновом двигателе автомобиля ВАЗ-111940 при низких температурах окружающей среды. Опыты проводились в не отапливаемом гараже после стоянки автомобиля продолжительностью не менее 16 ч после остановки. Каждый опыт включал запуск и прогрев двигателя до достижения температуры охлаждающей жидкости 40 °С. Двигатель испытывался в двух состояниях системы смазки: без подогрева («БАЗА») и с подогревом масляного фильтра («ПМФ»). Длительность подогрева масляного фильтра составляла 15 мин исходя из рекомендаций предприятия-изготовителя.

Исследование смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала по параметру E_g проводилось по специальной методике при

помощи измерительно - вычислительного комплекса «Автоматизированная система оценки смазочного процесса» [13]. Измерение $n_x, t_x, T_{дв,x}$ и $G_{T,x}$ проводилось при помощи мотор-тестера «МТ-10».

Поскольку замеры n_x и $E_{g,x}$ проводились с разной дискретностью (0,2 и 0,125 с соответственно), то по опытным данным определялись аппроксимирующие зависимости $n_x(t_x)$ для каждого опыта. Используя эти зависимости и формулу (3), проводился расчет $I_{i,x}$ для каждого текущего значения $E_{g,x}$.

Установлено, что смазочный процесс в подшипниках коленчатого вала на режиме пуска под влиянием предпускового подогрева системы смазки нормализуется. Причем, степень улучшения зависит от начальной температуры двигателя, о чем свидетельствуют установленные закономерности средних на режиме пуска значений параметра I_i , представленные в регрессионных моделях (7) и (8) и на рисунке 1:

$$I_i^{AN} = -3,291 \cdot 10^{-7} \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 2,3755 \cdot 10^{-6} \dot{O}_{AA}^0 + 61,66 \cdot 10^{-5}; \quad (7)$$

$$I_i^{TI} = 2,006 \cdot 10^{-7} \dot{O}_{AA}^0{}^2 + 2,9423 \cdot 10^{-6} \dot{O}_{AA}^0 + 25,91 \cdot 10^{-5}. \quad (8)$$

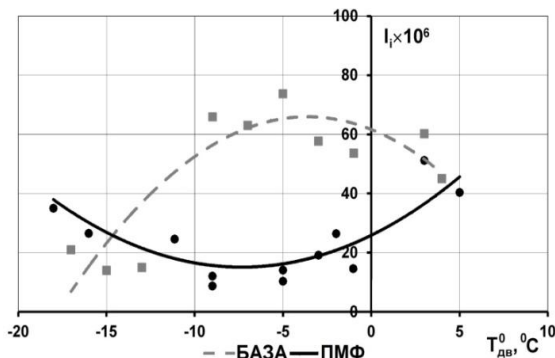
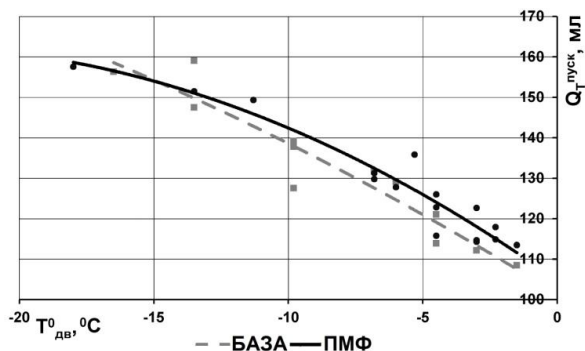


Рис. 1. Зависимости средних значений I_i и $Q_{O}^{T,one}$ от \dot{O}_{AA}^0 в исследуемых тепловых состояниях системы смазки на режиме пуска



Получены аппроксимирующие зависимости объема топлива, израсходованного за пуск, $Q_{O}^{T,one}$ (мл.), представленные в регрессионных моделях (9) и (10) и на рисунке 1:

$$Q_{T}^{AN} = -0,0389 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 4,105 \dot{O}_{AA}^0 + 101,47; \quad (9)$$

$$Q_{T}^{TI} = -0,0969 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 4,7403 \dot{O}_{AA}^0 + 104,72. \quad (10)$$

Установление температурных условий для эффективного предпускового подогрева

На основе полученных результатов экспериментальных исследований функция показателя трибо-экономической эффективности нагревательного устройства «Теплостарт» на двигателе ВАЗ-111940 имеет вид, представленный в формуле (11) и на рисунке 2:

$$K_{IQ} = \frac{1 - \frac{270}{\dot{O}_{AA}^0 + 40} \left(1 - \frac{0,2006 \dot{O}_{AA}^0{}^2 + 2,9423 \dot{O}_{AA}^0 + 25,912}{-0,3291 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 2,3755 \dot{O}_{AA}^0 + 61,657} \right)}{0,035(-0,0389 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 4,105 \dot{O}_{AA}^0 + 101,47) \left(1 - \frac{-0,0969 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 4,7403 \dot{O}_{AA}^0 + 104,72}{-0,0389 \dot{O}_{AA}^0{}^2 - 4,105 \dot{O}_{AA}^0 + 101,47} \right)} + 0,56. \quad (11)$$

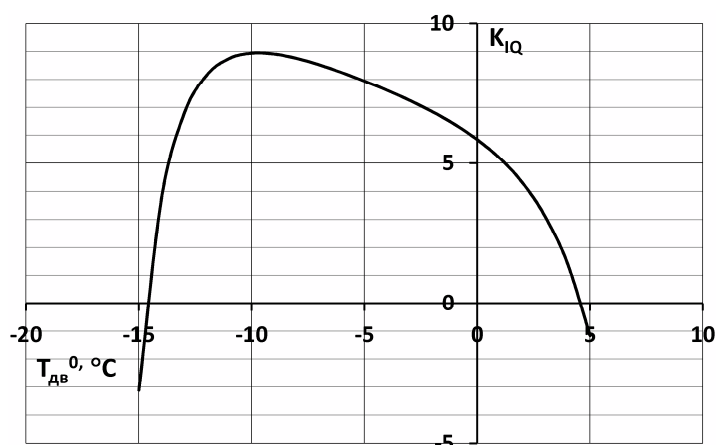


Рис. 2. Зависимости параметра K_{IQ} от начальной температуры двигателя \dot{O}_{AA}^0

Таким образом, экспериментально установлено, что при предпусковом подогреве автомобильного двигателя ВАЗ электрическим нагревателем масляного фильтра «Теплостарт», температурными условиями его рационального использования является диапазон начальных температур двигателя от +4 до -14 °С. В этих условиях происходит уменьшение интенсивности изнашивания подшипников коленчатого вала на режиме пуска в среднем в 2,6 раза, однако увеличивается объем израсходованного топлива за запуск и прогрев в среднем на 5 %, что в целом обуславливает экономическую эффективность при однократном пуске в среднем 6,7 ед., а максимальная эффективность 8,9 ед. достигается при температуре - 10 °С.

Заключение

По результатам исследования предложено требование к эксплуатационным свойствам систем предпускового подогрева автомобильного двигателя – в условиях пуска автомобильных двигателей его система смазки должна обеспечивать высокую сохранность номинальных значений параметров смазочного процесса в подшипниках коленчатого вала при минимальных затратах, связанных с приобретением, установкой и эксплуатацией системы. На основе выполнения этого требования можно решать задачу выбора эффективной системы предпускового подогрева автомобильного двигателя для конкретных автомобилей и природно-климатического района эксплуатации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части

государственного задания на проведение научно-исследовательской работы «Методология обеспечения качества эксплуатации автомобильного транспорта» (№ ГР 114071170053).

Библиографический список

1. Найман, В. С. Все о предпусковых подогревателях и отопителях / В. С. Найман. - М.: Изд-во «За рулем», 2007. – 252 с.
2. Суранов, Г. И. Уменьшение износа автотракторных двигателей при пуске / Г. И. Суранов. – М.: Колос, 1982. – 143 с.
3. Денисов, А. С. Повышение долговечности подшипников коленчатого вала использованием предпусковой смазки / А. С. Денисов, Р. И. Альмеев // Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2011. – № 2 (56). – С. 34-37.
4. Неговора, А. В. Совершенствование системы предпусковой подготовки автотракторных дизелей в условиях низких температур / А. В. Неговора, Р. А. Байрамов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2008. – № 5. – С. 49-50.
5. Кузнецов, Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов [и др.]. – М., Наука, 2001. – 535 с.
6. Резник, Л.Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации / Л.Г. Резник, Г.М. Ромалис, С.Т. Чарков. – М.: Транспорт, 1989. – 128 с.
7. Лосавио, Г. С. Эксплуатация автомобилей при низких температурах / Г. С. Лосавио. - М.: Транспорт, 1973. – 120 с.
8. Коваленко, С. Ю. Методика оценки приспособленности автомобильных двигателей к режиму пуска / С. Ю. Коваленко, А. В. Казаков // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – № 10. – С.186 – 192.
9. Коваленко, С.Ю. Эксплуатация автомобильных двигателей. Обеспечение долговечности на режиме пуска: монография / С.Ю. Коваленко, Р.Ф. Калимуллин. - Saarbrücken,

Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co, 2011. – 115 с.

10. Казаков, А. В. Предпусковой нагрев смазочной системы автомобильного двигателя / А.В. Казаков, Р.Ф. Калимуллин // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2013. – № 12. – С. 219 – 225.

11. Бондаренко, Е. В. Оценка эффективности предпускового нагрева масляного фильтра автомобильного двигателя / Е. В. Бондаренко, А. В. Казаков, Р. Ф. Калимуллин // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 2. – С. 153-160.

12. Калимуллин, Р. Ф. Определение рациональных условий использования средств предпусковой тепловой подготовки автомобильного двигателя / Р.Ф. Калимуллин, А.В. Казаков // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2014. – № 10. – С.82 – 89.

13. Пат. 66046 РФ: МПК G 01 M 13/04: Устройство для контроля состояния подшипников/ Р.Ф. Калимуллин, С.Ю. Коваленко, С.Б. Цибилов, М.Р. Янучков; ОГУ. – № 2007112656/22; заявл. 04.04.2007; опубл. 27.08.07, Бюл. № 24.

THE EFFICIENCY OF AUTOMOTIVE ENGINE'S PREHEAT

R. F. Kalimullin

Abstract. The author describes the main results of developing calculation-experimental method of estimating the efficiency of automotive engine's preheat, allowing to set the areas of primary temperatures of an engine, in which for single launching, economic effect from decreasing launching wear exceeds the operational costs, connected with acquiring, setting and operation of a system.

Keywords: starting mode, automotive engine, preheat, lubricating process, efficiency.

References

1. Naiman V. S. *Vse o predpuskovykh podogrevatel'nykh i otopitel'nykh* [All about preheaters and heaters]. Moscow, Izd-vo, Za rulem, 2007. 252 p.

2. Suranov G. I. *Umen'shenie iznosa avtotraktornykh dvigatelej pri puske* [Decreasing wear of automotive engines at launching]. Moscow, Kolos, 1982. 143 p.

3. Denisov A. S., Almeev R. I. *Povyshenie dolgovechnosti podshipnikov kolenчатого vala ispol'zovaniem predpuskovoj smazki* [Increasing the durability of crankshaft bearings by using pre-lube]. Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta, 2011, no 2, pp. 34-37.

4. Negovora A. V., Bairamov R. A. *Sovershenstvovanie sistemy predpuskovoj podgotovki avtotraktornykh dizelej v usloviyakh nizkikh temperatur* [Perfecting system of prestarting training of automotive diesel engines at low temperatures]. Traktory i sel'skhozhozajstvennyye mashiny, 2008, no 5, pp. 49-50.

5. Kuznetsov E. S., Boldin A. P., Vlasov V. M. [and others] *Tehnicheskaja jekspluatsija avtomobilej* [Technical operation of automobiles]. Moscow, Nauka, 2001. 535 p.

6. Reznik L. G., Romalis G. M., Charkov S. T. *Jefferktivnost' ispol'zovaniya avtomobilej v razlichnykh usloviyakh jekspluatsii* [The efficiency of using automobiles in various conditions of operation]. Moscow, Transport, 1989. 128 p.

7. Losavio G. S. *Jekspluatsija avtomobilej pri nizkikh temperaturah* [Operation of automobiles at low temperatures]. Moscow, Transport, 1973. 120 p.

8. Kovalenko S. Y., Kazakov A. V. *Metodika ocenki prisposoblennosti avtomobil'nykh dvigatelej k rezhimu puska* [Methodology of assessing suitability of automotive engines to the launching mode]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2011, no 10, pp. 186 - 192.

9. Kovalenko S. Y., Kalimullin R. F. *Jekspluatsija avtomobil'nykh dvigatelej. Obespechenie dolgovechnosti na rezhime puska* [Operation of automotive engines. Ensuring durability on the launching mode]. Saarbrücken, Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co, 2011. 115 p.

10. Kazakov A. V., Kalimullin R. F. *Predpuskovoj nagrev smazochnoj sistemy avtomobil'nogo dvigatelja* [Pre-launch heating of a lubrication system of an automotive engine]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2013, no 12. pp. 219 - 225.

11. Bondarenko E. V., Kazakov A. V., Kalimullin R. F. *Ocenka jefferktivnosti predpuskovogo nagreva maslijanogo fil'tra avtomobil'nogo dvigatelja* [Effectiveness' assessment of pre-launch heating of an automotive engine's oil filter]. Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta, 2014, no 2, pp. 153-160.

12. Kalimullin R. F., Kazakov A. V. *Opredelenie racional'nykh uslovij ispol'zovaniya sredstv predpuskovoj teplovoj podgotovki avtomobil'nogo dvigatelja* [Determining rational conditions of using means of pre-launch heating preparation of an automotive engine]. Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014, no 10. pp. 82 - 89.

13. Kalimullin R.F., Kovalenko S.Y., Tsybizov S.B., Yanuchkov M.R. *Ustrojstvo dlja kontrolja sostojanija podshipnikov* [Device for controlling bearings' condition]. Patent R.F., no 2007112656/22, 2007.

Калимуллин Руслан Флюрович (Оренбург, Россия) – кандидат технических наук, доцент, кафедры автомобильного транспорта Оренбургского государственного университета (460018, Россия, г. Оренбург, пр. Победы, 13, e-mail: rkalimullin@mail.ru).

Kalimullin Ruslan Flurovich (Orenburg, Russian Federation) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Automobile Transport" of Orenburg State University (460018, Orenburg, Pobedy Av., 13, e-mail: rkalimullin@mail.ru)

УДК 62(075.8)

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ГИБРИДНОГО ПРИВОДА ПОВОРОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ЗЕМЛЕРОЙНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

В.Н. Кузнецова¹, В.В. Савинкин²

¹ ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Омск, Россия;

² Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан.

Аннотация. В данной статье рассматривается проблема обеспечения энергосбережения механизме поворота платформы одноковшового экскаватора при выполнении работ. Анализ конструкций современных гидравлических экскаваторов позволяет сделать вывод о необходимости разработок для совершенствования управления гидроприводом при выполнении технологических операций. Авторы приходят к выводу, что конструкция и принцип работы насосно-аккумуляторных гидравлических приводов поворотной платформы экскаватора имеют существенные недостатки. Предложена конструкция энергосберегающего механизма поворотной платформы для максимального использования ее кинетической энергии, уменьшения износа и снижение нагрузок в механизме поворота платформы. Данная разработка обеспечит равномерное распределение усилия по рабочим поверхностям кинематических пар и приведет к повышению энергоэффективности и долговечности гидропривода одноковшового экскаватора.

Ключевые слова: экскаватор одноковшовый, управление, эффективность, энергия, рекуперация.

Введение

Тенденция развития научных основ, методов и средств управления гидрофицированными машинами обуславливает необходимость в совершенствовании теории и практики эксплуатации их гидроприводов. Поэтому применение методов рекуперации энергии потока рабочей жидкости становится первостепенной задачей. Это позволит более качественно использовать потенциал СДМ и повысить основные эксплуатационные показатели для заданного цикла работ при разных режимах загрузки гидропривода.

Проведенные исследования конструкции и принципа работы насосно-аккумуляторных гидравлических приводов поворотной платформы землеройной машины [1-4] указывают на наличие целого ряда существенных недостатков: неполное использование энергетического потенциала вращающегося объекта; сложность конструкции; невозможность регулирования подачи оптимального давления потока рабочей жидкости в процессе разгона и торможения; наличие неуправляемой циклической нагрузки на кинематической паре «венце поворотного круга – приводная шестерня», возникающей в момент разгона и торможения; наличие динамических нагрузок при торможении, возникающих за счет моментов инерции, пульсации потока рабочей жидкости и резкого

замедления; большой разброс скорости и ускорений поворотной платформы в процессе такта; невозможность максимального использования кинетической энергии вращающегося объекта; высокая энергоёмкость на единицу выполненной работы; наличие больших значений величины реактивных сил в механизме; необходимость высокого давления в гидроприводе поворота платформы; отсутствие возможности мгновенного реагирования на изменяющиеся нагрузки в процессе времени разгона и торможения; отсутствие возможности автоматического распределения усилия в поворотном механизме.

Описание конструкции и принципа действия

Таким образом, была поставлена задача разработка конструкции энергосберегающего механизма поворотной платформы для максимального использования ее кинетической энергии, уменьшения износа и снижения нагрузок в механизме поворота платформы, упрощения гидравлической схемы, разработки возможности автоматического регулирования распределения усилия на венце поворотного круга, выравнивания диапазона скоростного режима вращения за счет увеличения чувствительности к изменению угловых скоростей и крутящих моментов.

Применение электродвигателя (электроусилителя), датчика угла поворота,

датчика крутящего момента, датчика давления жидкости, дополнительного регулировочного клапана и электронного блока управления позволяет эффективно автоматически распределить усилие, прилагаемое к поворотному кругу от редуктора платформы, снизить значения величин реактивных сил в механизме, исключить необходимость высокого давления в гидроприводе поворота платформы, использовать кинетическую энергию поворотной платформы землеройной машины, уменьшить количество применяемых элементов гидросхемы, снизить износ и динамические нагрузки при разгоне и торможении вращающихся части кинематических пар опорно-поворотной платформы землеройной машины [5,6].

Технический результат достигается тем, что на комбинированном энергосберегающем приводе поворотной платформы с целью повышения энергоэффективности и долговечности предусмотрена электронная система управления, взаимодействующая с гидромеханической системой привода. Гидромеханическая система включает регулируемый насос, гидрораспределитель, предохранительные и обратные клапаны, причем в качестве предохранительных клапанов используют клапаны с двумя настроенными давлениями, реле-регулятор, соединенные между собой гидромагистралями (рис. 1).

Электронная система управления помогает оценить усилие, моменты, действующие на шестерню поворотного круга, и автоматически распределить усилие между усилителем и шестерню гидромотора, тем самым снижая рабочее давление магистрали в 1,5 раза. Для этого на выходном валу между верхним и нижним радиально-сферическими подшипниками гидромотора установлен входной датчик угла поворота платформы, взаимодействующий с электронным блоком управления (ЭБУ) при передаче сигнала. Чем больший крутящий момент создает гидромотор, тем больше должно быть дополнительное усилие со стороны усилителя гидромотора. Величину крутящего момента на приводной шестерне гидромотора оценивает входной датчик крутящего момента (во многих конструкциях датчик крутящего момента объединен с датчиком угла поворота). Выходные контакты датчика крутящего момента обеспечивают его взаимодействие с предохранительными клапанами давления рабочей жидкости и ЭБУ, далее ЭБУ обрабатывает, анализирует

сигналы и вырабатывает управляющее воздействие, направляя сигналы на электродвигатель усилителя. Электродвигатель усилителя расположен в специально изготовленном посадочном месте, размещенном на поворотной платформе в свободном пространстве ниши гидромотора. Эффект энергосбережения происходит также за счет использования динамической нагрузки поворотной платформы и рабочего оборудования, которая характеризуется крутящим моментом на заданный угол поворота платформы.

На рисунке 1 представлена конструкция энергосберегающего привода поворотной платформы, который преобразует крутящие и инерционные моменты в полезную работу через усилие, создаваемое усилителем. Энергосберегающий привод поворотной платформы землеройной машины содержит низкомоментный аксиально-поршневой гидромотор 15 с двухступенчатым планетарным редуктором 22, увеличивающим крутящий момент и уменьшающим частоту вращения поворотной платформы.

На выходном валу гидромотора 15 жестко закреплена солнечная шестерня 16, находящаяся в постоянном зацеплении с сателлитами 11. Сателлиты обеспечивают вращение водила 10 и вала, расположенных в корпусе 20. Увеличение крутящего момента и уменьшение частоты вращения поворотной платформы осуществляет блок шестерен и сателлитов, содержащий солнечную шестерню 18, которая жестко закреплена на валу и находится в постоянном зацеплении с сателлитами 9, которые обкатываются по нижним внутренним зубьям зубчатого венца корпуса 19, приводя во вращение водило 8 и вал 24, имеющий повышенный крутящий момент. Обе планетарные передачи самоустанавливающиеся. Вал 24 установлен в корпусе 22 на сдвоенных радиально-сферических подшипниках 4 и 7, обеспечивающих вращение вала 24 и распределение динамических нагрузок в проектной плоскости. На выходном валу между верхним и нижним радиально-сферическими подшипниками гидромотора установлен датчик угла поворота платформы 5, имеющий герметизированный корпус. Контактная клемма датчика выведена через специально фрезерованное отверстие корпуса 22. Контроль возникающего крутящего момента при динамических нагрузках осуществляет датчик крутящего момента 3, расположенный на валу 24 между нижним радиально-сферическим подшипником 4 и шестерней 2.

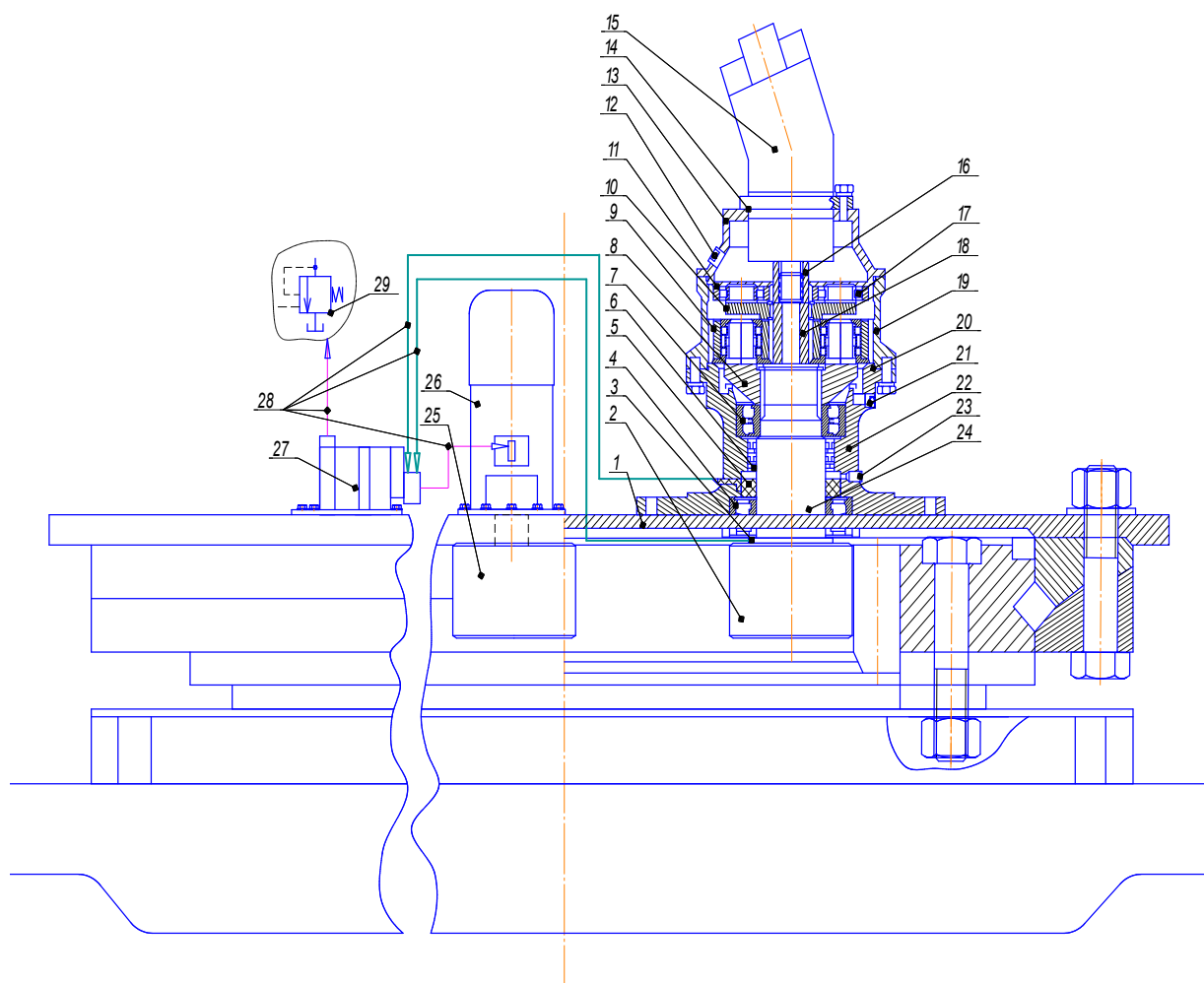


Рис. 1. Конструкция энергосберегающего привода поворотной платформы землеройной машины

На конце вала 24 жестко закреплена шестерня 2, которая, обкатываясь по внутреннему зубчатому венцу опорно-поворотного устройства 1, заставляет платформу поворачиваться относительно пневмоколесного ходового устройства экскаватора. При значительной величине крутящего момента на шестерне 2, считываемого датчиками 3 и 5, срабатывает электроусилитель, содержащий электродвигатель 26 и приводную шестерню 25. управление осуществляет ЭБУ 27.

Устройство работает следующим образом. В момент начала работы поворотной платформы экскаватора 1 в работу включается гидромотор 15. Последний, преобразуя кинетическую энергию потока рабочей жидкости во вращательное движение выходного вала, передает усилие на двухступенчатый планетарный редуктор 22, увеличивающий крутящий момент и уменьшающий частоту вращения поворотной платформы. Солнечная шестерня 16 жестко

закреплена на выходном валу гидромотора 15 и образует кинематическую связь с сателлитами 11. Крутящие моменты передаются через сателлиты, которые обкатываются по верхним внутренним зубьям зубчатого венца корпуса 20, приводя во вращение водило 10 и вал.

С целью равномерного движения платформы и выравнивания тангенциальных скоростей на валу жестко закреплена солнечная шестерня 18, находящаяся в постоянном зацеплении с сателлитами 9, которые обкатываются по нижним внутренним зубьям зубчатого венца корпуса 20, приводя во вращение водило 8 и вал 24. При перемещении поворотной платформы 1 на определенный угол возникают угловые скорости (не одинаковые по значению в разный интервал времени), моменты инерции и силы сопротивления. Для эффективного использования этих сил разработана следящая система с электроусилителем 26.

При величине давления рабочей жидкости, равного 17 МПа, на кинематической паре «венеч поворотной платформы – шестерня планетарного редуктора» возникает увеличенный крутящий момент, что сопровождается режимом повышением динамических нагрузок. Датчики 3 и 5 определяют изменения крутящего момента, возникающего также от действия инерционных сил собственных масс оборудования при заданном угле поворота платформы 1. Далее сигнал по линиям связи от датчиков 3 и 5 передается на обрабатывающий их электронный блок управления 27. Анализируя угловые скорости и действующие моменты, ЭБУ 27 передает сигнал на электродвигатель усилителя 26 и предохранительный клапан 29 гидравлического привода. С целью понижения давления в гидромоторе 15 срабатывает предохранительный клапан 29. В этот момент включается электроусилитель 26 и перераспределяет усилие между приводными шестернями 2 и 25 редуктора 22 и усилителя 26 соответственно. Особенно эффективна работа усилителя в начале поворота платформы, когда происходит резко нарастающее ускорение, и в конце поворота при резкой остановке платформы. Данный эффект препятствует резкому троганию платформы с места и порыву гидромагистралей. Система датчиков с электроусилителем обеспечивает равномерность хода в интервале времени поворота, значительное снижение потерь энергии при разгоне и торможении платформы 1, а также преобразование сил сопротивления и моментов инерции вращающейся платформы в полезную работу. Потенциал гибридных систем привода очень велик, особенно при создании и разработке интерактивных систем приводов.

Важно отметить принципиальную роль электродвигателя в работе энергоэффективного механизма поворота платформы. Электродвигатель в данном процессе выступает в роли силового механизма. При разгоне поворотной платформы за короткий промежуток времени t_1 за счет больших собственных масс при увеличении угла поворота φ резко возрастает значение момента инерции. За счет этого в

момент времени t_1 наблюдается рост удельной окружной силы в шестернях зацепления механизма поворота. Действие указанных сил неизбежно влечет появление контактных напряжений σ_n и напряжений изгиба σ_i на контактной поверхности зубьев шестерен. В этот момент редуктор находится в максимально нагруженном состоянии. Входные (давление, расход рабочей жидкости) и выходные (крутящий момент, мощность зацепления шестерен) параметры редуктора характеризуют величину сил, приложенных к контактной поверхности зубьев. Этот режим является критически опасным для кинематической пары зацепления. В момент разгона поворотной платформы действующие напряжения σ_n и σ_i не распределены по всей поверхности, а сконцентрированы только по ширине контактного зуба и крайним точкам эвольвенты прилегающих зубьев. Именно в переходной момент времени работы редуктора $t_1 \rightarrow t_2$ поворот платформы сопровождается большой удельной энергоемкостью. Это объясняется тем, что большая часть энергии или мощность в зацеплении расходуется на преодоление инерционных и гидравлических сил сопротивления. В этот момент величина давления в гидромоторе редуктора составляет $P = 16$ МПа. КПД редуктора $\eta = 0,8$. Соответственно, несмотря на энергозатратность процесса, потенциал механизма используется в полной мере. Далее с ростом сил сопротивления в период $t_2 \rightarrow t_3$ КПД редуктора значительно снижается до $\eta = 0,65$, а энергоемкость увеличивается. Данное явление объясняется стабильно действующими нагрузками за короткий промежуток времени $t_2 = 3$ с. За время заключительного периода поворота платформы t_3 торможение осуществляется при экстремально высоких нагрузках, когда силы инерции резко возрастают, вызывая мгновенный всплеск напряжений в контактных шестернях. При этом гидропривод также находится в нагруженном состоянии. Важная задача при этом состоит в адаптации механизма поворота к изменяющимся во времени значениям инерционных сил, моментов, ускорений [7,8].

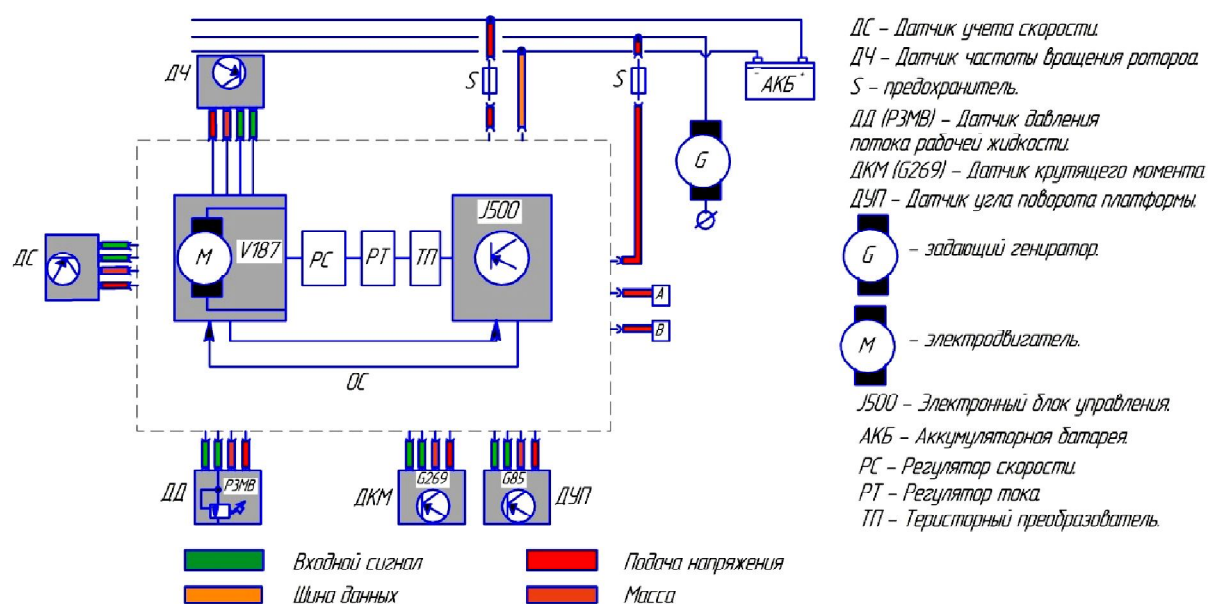


Рис. 2. Функциональная схема электрической части гибридного привода

Электрический усилитель обеспечивает экономию энергии управления поворотной платформы. В отличие от системы управления с гидроусилителем, в которой насос работает постоянно, в поворотной платформе с электрическим усилителем используется энергия электродвигателя только при повороте платформы. Благодаря снижению потребляемой мощности уменьшается расход топлива экскаватора. Функциональная схема адаптивной системы управления поворотной платформы представлена на рисунке 2.

Управление электроусилителем осуществляется программой, записанной в память ЭБУ усилителя управления поворотом J500. В настоящий момент в управлении платформой может использоваться несколько различных программ. Также можно произвести установку соответствующей программы на основании данных диагностики, измерений и информационной системы VAS 5051, в которой отражается дополнительный крутящий момент в зависимости от крутящего момента на ведущей шестерне редуктора. Крутящий момент передается в виде сигнала на ЭБУ усилителя управления платформой при смещении магнита относительно чувствительного элемента. При неисправности обеих частей датчика крутящего момента следует заменить механизм усилителя. При обнаружении неисправности электроусилитель отключается. Отключение происходит

«постепенно». При «постепенном» отключении ЭБУ усилителя управления поворотной платформы рассчитывает дополнительное усилие по данным от датчика угла поворота платформы G85 и электродвигателя V187. Электродвигатель V187 усилителя включается через определенные промежутки времени, то есть когда на ведущей шестерне возникают пиковые нагрузки. Электродвигатель V187 бесщеточный, асинхронный. Максимальный дополнительный крутящий момент создается при нагруженном режиме редуктора (разгон и торможение). Тем самым, включаясь в работу, часть нагрузки электродвигатель забирает на себя и передает на свою приводную шестерню. В итоге, сумма усилий двух элементов распределяется по большей площади зацепления (две ведущие шестерни) и обеспечивается равномерное движение платформы, минуя переходные режимы нагружения. С другой стороны вала электродвигателя установлен магнит, который используется ЭБУ усилителя для определения частоты вращения ротора. Этот сигнал ЭБУ усилителя служит для определения скорости вращения поворотной платформы. Необходимое напряжение подается на электродвигатель V187 усилителя поворота платформы. Блок-схема электроусилителя поворота платформы экскаватора на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами представлена на рисунке 3.

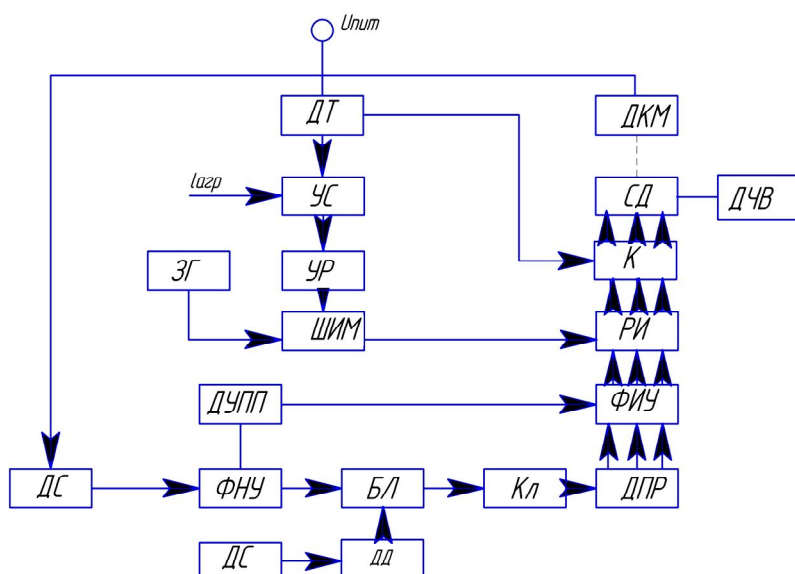


Рис. 3. Блок-схема электроусилителя поворота платформы экскаватора на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами

Рассматривая принцип работы механизма, выделим основные моменты функционирования. При повороте платформы в одну сторону сигнал определенной полярности с датчика угла поворота платформы ДУПП (датчик момента) поступает на один из входов формирователя напряжения управления ФНУ. На второй его вход поступает сигнал с датчика угла ДКМ поворота платформы ДУПК, где происходит их сравнение. С выхода ФНУ поступает сигнал на блок логики БЛ, который через замкнутый ключ Кл управляет датчиком положения ротора ДПР. Последний, в свою очередь, через формирователь импульсов управления ФИУ, связан с распределителем импульсов РИ, на выходе которого формируются специальные сигналы управления шестью ключами коммутатора К, к выходу которого подключен исполнительный синхронный двигатель СД, который обрабатывает заданный угол скорость поворота платформы.

Если платформа поворачивается в обратную сторону или возвращается в исходное положение, то сигнал с ДУПП меняется на противоположный и дополнительно воздействует на ФИУ, на выходе которого два слаботочных сигнала управления по фазам двигателя меняются местами, что приводит к вращению исполнительного двигателя в обратную сторону. После каждой обработки заданного угла поворота Кл разрывает связь, идущую к ДПР, и двигатель останавливается, фиксируя платформу в заданном положении.

Так как исполнительный двигатель постоянно работает в режиме пуска и торможения, то необходимо ограничить большие пусковые токи, потребляемые двигателем. Эту функцию выполняют следующие узлы:

- датчик тока ДТ;
- узел сравнения УС;
- усилитель рассогласования УР;
- задающий генератор ЗГ;
- широтно-импульсный модулятор ШИМ.

Технический эффект использования адаптивной системы выражается в том, что при повороте платформы кинематическая энергия используется на 32 % больше, чем при обычной схеме. Энергоэффективность увеличивается за счет регулирования нагрузочных режимов путем включения электродвигателя. Управление электродвигателем осуществляется за счет поступающего сигнала напряжения, величина которого регулируется исходя из изменяющихся величин сил и моментов инерции оборудования и платформы экскаватора.

Заключение

Использование заявленного энергосберегающего механизма поворотной платформы обеспечивает преобразование моментов инерции рабочего оборудования в механическую энергию и полезную работу, равномерное распределение усилия по рабочим поверхностям кинематических пар, и, как следствие, ведет к повышению энергоэффективности и долговечности всего гидропривода экскаватора.

Библиографический список

1. Бондарович, Б. А. Надёжность металлоконструкций землеройных машин. Методы оценки и расчёта / Б. А. Бондарович, Д. И. Фёдоров и др. – М.: Машиностроения, 1971. – 216 с.
2. Волков, Д. П. Проблемы динамики, прочности, долговечности и надёжности строительных и дорожных машин / Д. П. Волков // Строительные и дорожные машины. – 1993. – № 5. – С. 4-9.
3. Алямовский, А. А. SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов / А. А. Алямовский. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.
4. Brussat T.R. An approach to predicting the growth to failure of fatigue crack subjected to arbitrary cyclic loading, Damage Tolerance in Aircraft Structures, ASTM STP 486, 1971, American Society For Testing and Materials, pp. 122-143.
5. Болотин, В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций / В. В. Болотин. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
6. Болотин, В.В. Ресурс машин и конструкций / В. В. Болотин. – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
7. ГОСТ 27.002-89. Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Из-во стандартов, 1989. – 23 с.
8. ГОСТ 27.203-83 Надёжность в технике. Технологические системы. Общие требования к методам оценки надёжности. – 23 с.

DEVELOPMENT OF HYBRID DRIVE'S CONSTRUCTION OF A TRAVERSING PLATFORM OF AN EARTHMOVING MACHINE FOR IMPLEMENTING CONSTRUCTION WORKS

V. N. Kuznetsova, V. V. Savinkin

Abstract. The article is devoted to the problem of ensuring energy-saving of a traversing platform's mechanism of the single-bucket excavator at work. The analysis of constructions of modern hydraulic excavators allows drawing a conclusion on need of developments for perfecting control of a hydraulic circuit at implementing technological operations. The authors come to a conclusion that the construction and principle of work of pumping and accumulator hydraulic circuits of an excavator's traversing platform have essential shortcomings. The authors have offered a construction of the energy saving mechanism of the transversing platform for the maximum use of its kinetic energy, reduction of wear and decreasing loadings in the mechanism of a platform's transverse. This development will provide uniform distribution of effort over working surfaces of kinematic couples and will lead to increasing energy efficiency and durability of a hydraulic circuit of the single-bucket excavator.

Keywords: single-bucket excavator, control, efficiency, energy, recuperation.

References

1. Bondarovich B. A., Fjodorov D. I. *Nadjozhnost' metallokonstrukcij zemlerojnyh mashin. Metody ocenki i raschjota* [Reliability of metal structures of earth-moving machines. Methods of assessment and calculation]. Moscow, Mashinostroenija, 1971. 216 p.
2. Volkov D. P. Problemy dinamiki, prochnosti, dolgovechnosti i nadjozhnosti stroitel'nyh i dorozhnyh mashin [Problems of dynamics, strength, durability and reliability of building and road machines]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 1993, no 5. Pp. 4-9.
3. Alyamovskiy A. A. SolidWorks/COSMOSWorks. *Inzhenernyj analiz metodom konechnykh jelementov* [SolidWorks / COSMOSWorks. Engineering analysis using finite elements method]. Moscow, DMK Press, 2004. 432 p.
4. Brussat T. R. An approach to predicting the growth to failure of fatigue crack subjected to arbitrary cyclic loading, Damage Tolerance in Aircraft Structures, ASTM STP 486, 1971, American Society For Testing and Materials. pp. 122-143.
5. Bolotin V. V. *Prognozirovanie resursa mashin i konstrukcij* [Predicting durability of machines and structures]. Moscow, Mashinostroenie, 1984. 312 p.
6. Bolotin V. V. *Resurs mashin i konstrukcij* [Durability of machines and structures] Moscow, Mashinostroenie, 1990. 448p.
7. GOST 27.002-89. *Nadjozhnost' v tehnikе. Osnovnye ponjatija. Terminy i opredelenija* [State standard 27.002-89. Reliability in technique. Basic concepts. Terms and definitions]. Moscow, Iz-vo standartov, 1989. 23 p.
8. GOST 27.203-83 *Nadjozhnost' v tehnikе. Tehnologicheskie sistemy. Obshhie trebovanija k metodam ocenki nadjozhnosti* [State standard 27.203-83 Reliability in technique. Technological systems. General requirements for methods of reliability's assessment. Moscow, Iz-vo standartov, 1983. 23 p.

Кузнецова Виктория Николаевна (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: dissovetsibadi@bk.ru)

Савинкин Виталий Владимирович (Казахстан, г. Петропавловск) – кандидат технических наук, заведующий кафедрой Транспорт и машиностроение Северо-Казахстанского государственного университета им. М. Козыбаева (150000, Казахстан, Петропавловск, ул. Пушкина, 86)

Kuznetsova Viktoria Nikolaevna (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI). (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: dissovetsibadi@bk.ru)

Savinkin Vitaliy Vladimirovich (Kazakhstan, Petropavlovsk) – candidate of technical sciences, head of the department "Transport and mechanical engineering" of The North Kazakhstan state university of M. Kozybayev (150000, Kazakhstan, Petropavlovsk, Pushkin St., 86)

УДК 624.15

АНАЛИЗ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ СОПРЯЖЁННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ УПЛОТНЕНИЙ МЕЖКАТКОВЫХ КЛИНОВИДНЫХ ЗАЗОРОВ РАСКАТЫВАЮЩИХ ПРОХОДЧИКОВ СКВАЖИН

В. Лис

Германия, г. Mittlbiberach

Аннотация. В статье рассмотрена механика относительного перемещения сопряжённых элементов фланцевого типа уплотнений клиновидных межкатковых торцевых зазоров. Описана кинематика процесса взаимодействия элементов уплотнений сферического типа. Установлены законы относительных перемещений плоских и сферических поверхностей сопряжённых элементов сферического типа уплотнений многокатковых раскатывающих рабочих органов. Приведена траектория относительного перемещения плоских сопряжённых поверхностей сферического уплотнения.

Ключевые слова: межкатковый зазор, уплотнение фланцевое или сферическое, сопряжённые элементы, закон движения, траектория.

Введение

В процессе проектирования многокаткового раскатывающего рабочего органа конструктор – разработчик неизбежно сталкивается с необходимостью выбора системы уплотнений межкатковых зазоров. В настоящее время прослеживается тенденция предпочтения уплотнений фланцевого типа сферическим [1, 2, 3]. Такая ситуация имеет несколько причин: 1 – фланцевый тип уплотнений принято считать (обоснованно ли?) менее сложным для изготовления, чем сферический; 2 – фланцевый тип уплотнений разработан в ИГД СО АН СССР в г. Новосибирске в 70е годы [4] и отсюда постепенно распространился по научным и проектным организациям России, где и подвергался, если и в ограниченном объёме, дальнейшему совершенствованию, сферические же уплотнения были разработаны к концу 80х годов в г. Караганде (в соавторстве), и в период с 1990 до 2004 по этому типу уплотнений практически никакая работа не велась и возобновилась лишь к 2005 году этузиастами в Германии и Российской Федерации в форме дополнительного, от основной работы, занятия, на уровне теоретических исследований [5]; 3 – до настоящего времени не существует никакого сравнительного анализа уплотнений межкатковых зазоров позволяющего осуществить экономически обоснованный выбор того или иного типа [6].

Постановка задачи

Так как работа обоих типов уплотнений связана с трением уплотняющих элементов,

то очевидным является сравнение энергетических затрат на трение сопряжённых поверхностей, для чего необходимо установить законы их относительных движений, что и является предметом исследования настоящей работы.

Теоретические исследования относительные перемещения сопряжённых элементов фланцевого уплотнения

Структурным анализом фланцевого уплотнения установлено, что в каждом межкатковом зазоре располагаются две пары сопряжённых поверхностей. Одной из поверхностей, в каждой сопряжённой паре, является торцевая поверхность одного из смежных катков, а другой - сопряжённая с ней плоскость фланца расположенного между этими катками и жёстко соединённого с валом раскатывающего рабочего органа (рис. 1). При вращении вала 2 с фланцем 4, катки J и (J+1) вращаются в противоположном направлении, смещаясь относительно фланца по поверхностям трения $\Pi_{тр}$.

На основании исследований проведённых ранее [5] угловая скорость произвольного катка выражается через угловую скорость вала следующей зависимостью:

$$\vec{\omega}_j^r = -\vec{\omega}^e \left(1 + \frac{e_{0j}}{r_{0j}} \right) \cos \gamma_j, \quad (1)$$

где $\vec{\omega}_j^r$ и $\vec{\omega}^e$ – векторы угловых скоростей j-го катка и вала раскатывающего рабочего органа соответственно; e_{0j} – минимальный эксцентриситет j-го катка (кратчайшее расстояние между осью j-го катка и осью

вала); r_{0j} – радиус основания j -го катка в плоскости минимального эксцентриситета; γ_j – угол скрещивания оси j -го катка с осью вала.

На основании выражения (1) получим зависимость угла поворота φ_j^r j -го катка от угла поворота φ^e вала рабочего органа:

$$\varphi_j^r = -\varphi^e \left(1 + \frac{e_{0j}}{r_{0j}} \right) \cos \gamma_j. \quad (2)$$

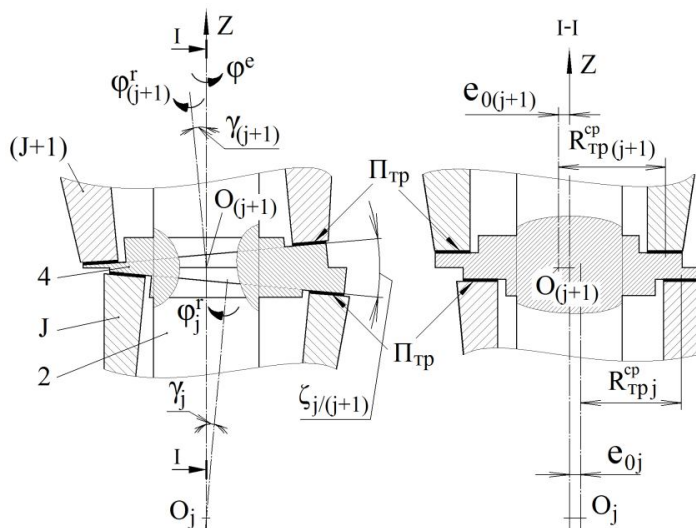


Рис. 1. Схема сопряжения трущихся поверхностей фланцевого торцевого уплотнения межкаткового клиновидного зазора: $j, (j+1)$ – смежная пара катков; 2 – вал; 4 – фланец

При повороте вала на угол $\varphi^e = 2\pi$ j -ый каток повернется вокруг собственной оси на угол $\varphi_j^r = 2\pi \left(1 + \frac{e_{0j}}{r_{0j}} \right) \cos \gamma_j$ в противоположном направлении, откуда средняя длина пути трения $S_{трj}^{cp}$ основания катка по контактной поверхности фланца определится произведением среднего радиуса трения $R_{трj}^{cp}$ кольцевой поверхности сопряженных плоскостей на угол поворота катка вокруг собственной оси:

$$S_{трj}^{cp} = 2\pi R_{трj}^{cp} \left(1 + \frac{e_{0j}}{r_{0j}} \right) \cos \gamma_j. \quad (3)$$

Кинематический анализ движения сопряженных элементов сферического уплотнения

В результате структурного анализа сферического уплотнения установлено, что этот тип уплотнений включает, также как и фланцевый, две пары сопряженных поверхностей. Однако на этом их общность и заканчивается. Роль фланца в сферическом уплотнении исполняет отделенный от вала кольцевой шаровый слой, именуемый сферическим кольцом, который сопряжен двумя своими поверхностями (большой плоской и сферической) с торцевыми поверхностями смежных катков (рис. 2).

Сферическое кольцо 5 совершает при этом два относительных перемещения одновременно, одно из них – перемещение плоской поверхности «п» сферического кольца 5 по сопряженной с ней плоской торцевой поверхности «п» $(j+1)$ -го катка, другое – перемещение выпуклой поверхности «с» того же кольца 5 по сопряженной торцевой седельной поверхности «с» j -го катка.

Для определения суммарной длины пути трения сопряженных поверхностей сферического уплотнения за один оборот вала необходимо установить законы их относительных перемещений, для чего проведем кинематический анализ узла торцевого уплотнения произвольной сопряженной пары катков. С этой целью сообщим рабочему органу такое дополнительное вращение вокруг оси $(j+1)$ -го катка рассматриваемой сопряженной пары, чтобы $(j+1)$ -ый каток остановился, т.е. чтобы сумма векторов дополнительной $\bar{\omega}_{(j+1)}^A$ и относительной $\bar{\omega}_{(j+1)}^r$ угловых скоростей вращения этого катка вокруг его оси $Z_{(j+1)}$ (рис. 2) равнялась нулю [7]. Это условие можно записать в виде равенства:

$$\bar{\omega}_{(j+1)}^A + \bar{\omega}_{(j+1)}^r = 0, \quad (4)$$

откуда

$$\bar{\omega}_{(j+1)}^A = -\bar{\omega}_{(j+1)}^r = \bar{\omega}^e \left(1 + \frac{e_{0(j+1)}}{r_{0(j+1)}} \right) \cos \gamma_{(j+1)}. \quad (5)$$

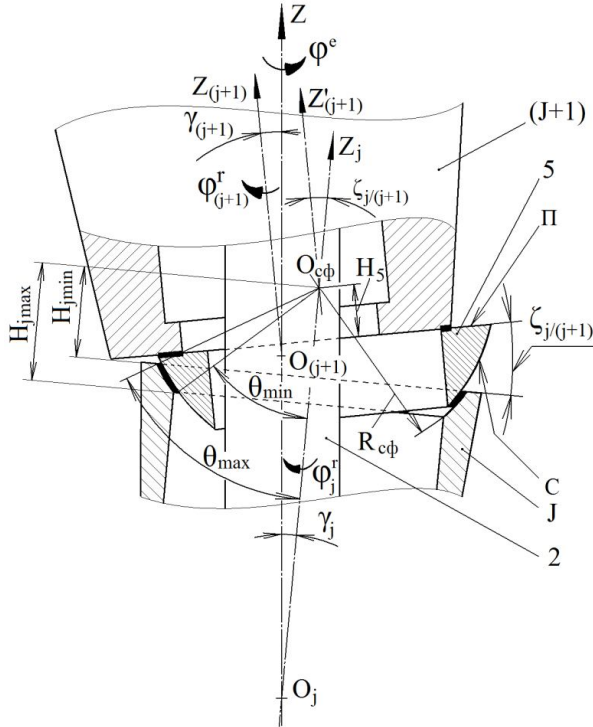


Рис. 2. Схема сопряжения трущихся поверхностей сферического торцевого уплотнения межкаткового клиновидного зазора: j, (j+1) – смежная пара катков; 2 – вал; 5 – сферическое кольцо. П, С – плоская и сферическая поверхности трения сферического кольца соответственно.

Таким образом дополнительная угловая скорость $\bar{\omega}_{(j+1)}^A$ равна по модулю и противоположна по направлению относительной угловой скорости (j+1)-го катка $\bar{\omega}_{(j+1)}^r$.

С такой же угловой скоростью $\bar{\omega}_{(j+1)}^A$ вращается вокруг оси $Z_{(j+1)}$ и вал раскатчика вместе с жёстко связанной с ним осью Z_j и вращающимся вокруг неё j-ым катком. Совместно с j-ым катком вращается и сферическое кольцо 5, центр сферы которого расположен на геометрической оси вращения (j)-го катка Z_j . Перпендикуляр, опущенный из центра сферы на контактную плоскость сферического кольца, параллелен оси вращения (j+1)-го катка $Z_{(j+1)}$, обозначается $Z'_{(j+1)}$ и является мгновенной осью вращения сферического кольца (рис. 2).

Сферическое кольцо 5 совершает, вследствие сообщения рассматриваемой сопряжённой паре катков дополнительной угловой скорости $\bar{\omega}_{(j+1)}^A$ вокруг оси $Z_{(j+1)}$,

сложное вращательное движение относительно скрещивающихся осей Z_j и $Z_{(j+1)}$. Это движение можно представить как переносное движение вокруг оси $Z_{(j+1)}$ с угловой скоростью $\bar{\omega}_{(j+1)}^A$, и относительное, с угловой скоростью $\bar{\omega}_5^{Z'_{(j+1)}}$, вокруг мгновенной оси вращения сферического кольца $Z'_{(j+1)}$, проходящей через центр сферы перпендикулярно плоскости контакта, т.е. параллельно оси $Z_{(j+1)}$ (рис. 3). Угловая скорость $\bar{\omega}_5^{Z'_{(j+1)}}$ представляет собой проекцию вектора угловой скорости j-го катка $\bar{\omega}_j^r$ на ось $Z'_{(j+1)}$ и определяется следующим выражением:

$$\bar{\omega}_5^{Z'_{(j+1)}} = \bar{\omega}_j^r \cos \zeta_{j/(j+1)} = -\bar{\omega}^e \left(1 + \frac{e_{0j}}{r_{0j}} \right) \cos \gamma_j \cos \zeta_{j/(j+1)}, \quad (6)$$

где $\zeta_{j/(j+1)}$ – угол скрещивания осей вращения j-го и (j+1)-го катков, который зависит от углов γ_j и $\gamma_{(j+1)}$ разворота осей вращения рассматриваемых катков относительно оси вала и углов α_j и $\alpha_{(j+1)}$ между осью абсцисс системы координат вала раскатывающего рабочего органа и проекциями осей абсцисс систем координат соответствующих катков на плоскость XOY вала рабочего органа, и определяется выражением:

$$\cos \zeta_{j/(j+1)} = \sin \gamma_j \sin \gamma_{(j+1)} \cos(\alpha_{(j+1)} - \alpha_j) + \cos \gamma_j \cos \gamma_{(j+1)}. \quad (7)$$

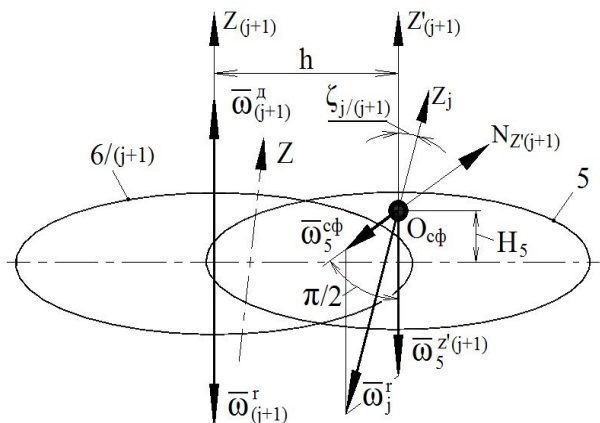


Рис. 3. Схема угловых скоростей вращения сферического кольца 5 – кольцо сферическое; 6/(j+1) – кольцо прижимное / (торцевая контактная поверхность (j+1)-го катка)

Нормально к вектору угловой скорости $\bar{\omega}_5^{Z'(j+1)}$, проходит проекция вектора угловой скорости j -го катка $\bar{\omega}_j^r$ на плоскость параллельную контактной плоскости трения сопряженных колец. Данная угловая скорость представляет собой скорость вращения сферического кольца 5 в седле j -го катка (см. рисунок 2) вокруг мгновенной оси поворота $Z_{(j+1)}$, которая расположена в плоскости образуемой осями Z_j и $Z'_{(j+1)}$ и проходит через центр сферы. Эта угловая скорость обозначена как $\bar{\omega}_5^{c\phi}$, а её величина определяется выражением:

$$\bar{\omega}_5^{c\phi} = \bar{\omega}_j^r \sin \zeta_{j/(j+1)} = -\bar{\omega}^e \left(1 + \frac{e_{0j}}{r_{0j}}\right) \cos \gamma_j \sin \zeta_{j/(j+1)}. \quad (8)$$

Введя подстановки типа $\left(1 + \frac{e_{0j}}{r_{0j}}\right) \cos \gamma_j = k_j$ и $\left(1 + \frac{e_{0(j+1)}}{r_{0(j+1)}}\right) \cos \gamma_{(j+1)} = k_{(j+1)}$, выражения для угловых скоростей примут вид:

$$\bar{\omega}_{(j+1)}^A = -\bar{\omega}_{(j+1)}^r = \bar{\omega}^e k_{(j+1)}, \quad (9)$$

$$\bar{\omega}_5^{Z'(j+1)} = \bar{\omega}_j^r \cos \zeta_{j/(j+1)} = -\bar{\omega}^e k_j \cos \zeta_{j/(j+1)}, \quad (10)$$

$$\bar{\omega}_5^{c\phi} = \bar{\omega}_j^r \sin \zeta_{j/(j+1)} = -\bar{\omega}^e k_j \sin \zeta_{j/(j+1)}. \quad (11)$$

Относительные перемещения плоских поверхностей сферических уплотнений

Перемещение произвольной точки M_5 плоской поверхности сферического кольца 5 по сопряженной поверхности прижимного

кольца $6/(j+1)$ за один оборот вала раскатывающего рабочего органа описывается уравнениями движения этой точки в плоской неподвижной системе координат $X_6 Z_{(j+1)} Y_6$ (рис. 4), расположенной в плоскости контакта сопряженных колец.

Координаты произвольной точки M_5 записываются в виде:

$$X_{M_5} = h \cos \varphi^A + R_{M_5} \cos (\varphi^A - \varphi_5^{Z'(j+1)}), \quad (12)$$

$$Y_{M_5} = h \sin \varphi^A + R_{M_5} \sin (\varphi^A - \varphi_5^{Z'(j+1)}), \quad (13)$$

где R_{M_5} – радиус плоской контактной поверхности сферического кольца 5; φ^A – угол поворота сферического кольца 5 в переносном движении вокруг оси вращения $Z_{(j+1)}$ вследствие дополнительного вращения рассматриваемой системы с угловой скоростью $\bar{\omega}_{(j+1)}^A$; $\varphi_5^{Z'(j+1)}$ – угол поворота сферического кольца 5 в относительном движении вокруг мгновенной оси вращения $Z'_{(j+1)}$ с угловой скоростью $\bar{\omega}_5^{Z'(j+1)}$; h – расстояние между мгновенной осью вращения сферического кольца $Z'_{(j+1)}$ и осью вращения $(j+1)$ -го катка $Z_{(j+1)}$.

Расстояние между осями $Z'_{(j+1)}$ и $Z_{(j+1)}$ представляет собой расстояние от центра сферы $O_{сфj}$ до оси вращения $(j+1)$ -го катка $Z_{(j+1)}$ и определяется следующим выражением [8]:

$$h = \sqrt{\left\{ \begin{aligned} & \left[e_{0j} \sin \alpha_j + z_{сфj} \sin \gamma_j \cos \alpha_j - e_{0(j+1)} \sin \alpha_{(j+1)} \right] \cos \gamma_{(j+1)} \right\}^2 - \left[Z_{0j} + z_{сфj} \cos \gamma_j - Z_{0(j+1)} \right] \sin \gamma_{(j+1)} \cos \alpha_{(j+1)} \right\}^2 + \left\{ \begin{aligned} & \left[e_{0j} \cos \alpha_j - z_{сфj} \sin \gamma_j \sin \alpha_j - e_{0(j+1)} \cos \alpha_{(j+1)} \right] \cos \gamma_{(j+1)} \right\}^2 + \left[Z_{0j} + z_{сфj} \cos \gamma_j - Z_{0(j+1)} \right] \sin \gamma_{(j+1)} \sin \alpha_{(j+1)} \right\}^2} + \left\{ \begin{aligned} & \left[e_{0j} \cos \alpha_j - z_{сфj} \sin \gamma_j \sin \alpha_j - e_{0(j+1)} \cos \alpha_{(j+1)} \right] \sin \gamma_{(j+1)} \cos \alpha_{(j+1)} \right\}^2 + \left[e_{0j} \sin \alpha_j + z_{сфj} \sin \gamma_j \cos \alpha_j - e_{0(j+1)} \sin \alpha_{(j+1)} \right] \sin \gamma_{(j+1)} \sin \alpha_{(j+1)} \right\}^2} \right. \quad (14)$$

где e_0 – минимальный эксцентриситет j -го или $(j+1)$ -го катка соответственно; $z_{сфj}$ – расстояние между горловым сечением j -го катка и центром сферы седельной поверхности; Z_0 – расстояние между началом систем координат j -го или соответственно $(j+1)$ -го катка и плоскостью XOY основания

системы координат раскатывающего проходчика скважин $OXYZ$; α – угол между осью X системы координат $OXYZ$ и проекцией минимального эксцентриситета j -го или $(j+1)$ -го катка на плоскость XOY ; γ – угол разворота оси вращения j -го или $(j+1)$ -го катка относительно оси рабочего органа Z .

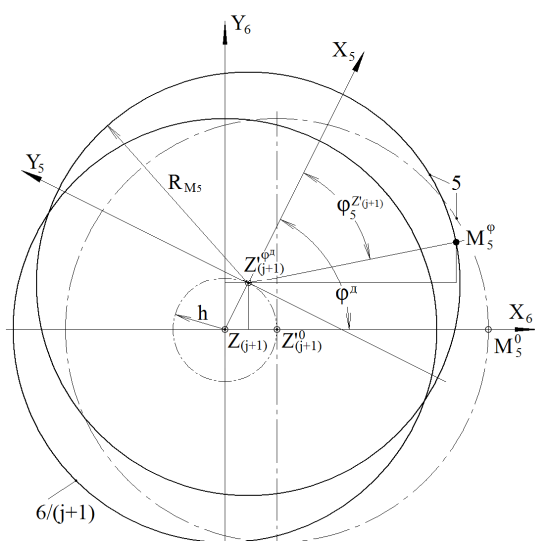


Рис. 4. Схема взаимного расположения сопряженных колец сферического уплотнения для описания закона движения точки M_5 по кольцу 6/(j+1) 5 – кольцо сферическое; 6/(j+1) – кольцо прижимное / (торцевая контактная поверхность (j+1)-го катка)

На основании равенств (9), (10) и (11) запишем выражения для углов поворота элементов сферического уплотнения через угол поворота вала φ^e .

$$\varphi^A = \varphi^e k_{(j+1)}, \quad (15)$$

$$\varphi_5^{Z(j+1)} = -\varphi^e k_j \cos \zeta_{j/(j+1)}, \quad (16)$$

$$\varphi_5^{c\phi} = -\varphi^e k_j \sin \zeta_{j/(j+1)}. \quad (17)$$

Подставив выражения (15) и (16) в уравнения (12) и (13) получим:

$$X_{M_5} = h \cos(k_{(j+1)} \varphi^e) + R_{M_5} \cos[(k_{(j+1)} - k_j \cos \zeta_{j/(j+1)}) \varphi^e], \quad (18)$$

$$Y_{M_5} = h \sin(k_{(j+1)} \varphi^e) + R_{M_5} \sin[(k_{(j+1)} - k_j \cos \zeta_{j/(j+1)}) \varphi^e], \quad (19)$$

Уравнениями (18) и (19) описывается траектория точки M_5 при её движении по основанию прижимного кольца 6 (основание (j+1)-го катка). Эта траектория имеет вид гипотрохоиды и представлена на рисунке 5. Путь, преодолеваемый точкой M_5 за один оборот вала, выделен жирной линией, расположенной в пределах угла поворота вала $0^\circ \leq \varphi^e \leq 360^\circ$.

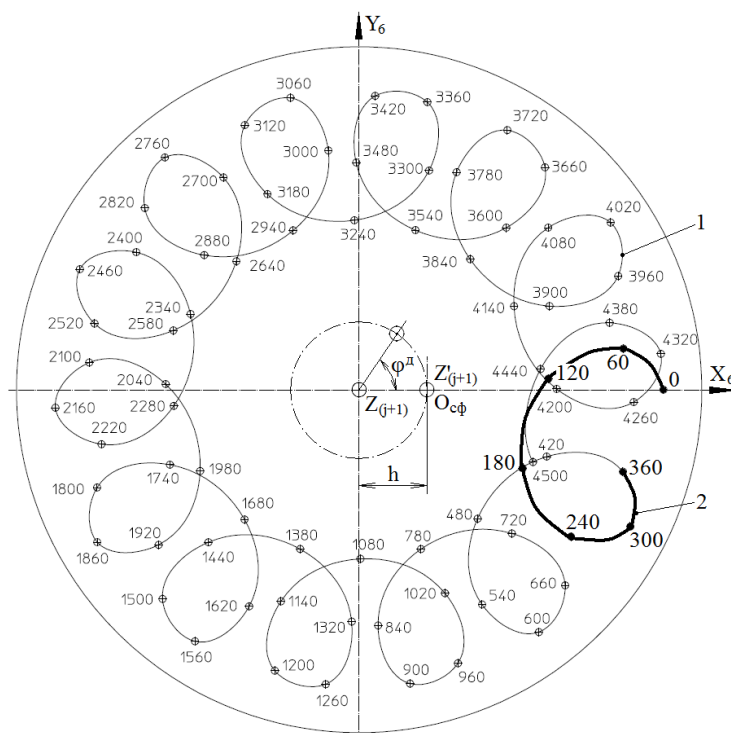


Рис. 5. Траектория относительного движения плоских сопряженных поверхностей сферического уплотнения: 1 – траектория движения произвольной точки M_5 сферического кольца 5 по сопряженной торцевой поверхности «j+1»-го катка (прижимного кольца 6/(j+1)); 2 - путь преодолеваемый точкой M_5 за 1 оборот вала, $\varphi^e = 360^\circ$. Координатная плоскость $X_6 Y_6$ расположена в плоскости контакта уплотняющих колец; $Z_{(j+1)}$ - ось вращения «j+1»-го катка; $Z'_{(j+1)}$ - мгновенная ось вращения сферического кольца 5; $O_{c\phi}$ - центр сферы; φ^A - дополнительный угол поворота вала раскатчика и «j»-го катка со сферическим кольцом 5 вокруг оси вращения «j+1»-го катка; h - расстояние между центром сферы и осью $Z_{(j+1)}$; цифры «0 – 4500» – угол поворота вала φ^e .

Длина рассматриваемой криволинейной дуги определяется интегралом:

$$S_{M_5}^{пл} = \int_0^{2\pi} \sqrt{(X'_{M_5})^2 + (Y'_{M_5})^2} d\varphi^e, \quad (20)$$

где X'_{M_5} и Y'_{M_5} – производные от координат точки M_5 по параметру φ^e .

$$S_{M_5}^{пл} = \int_0^{2\pi} \sqrt{h^2(k_{(j+1)})^2 + (R_{M_5})^2(k_{(j+1)} - k_j \cos \zeta_{j/(j+1)})^2 + 2hk_{(j+1)}R_{M_5}(k_{(j+1)} - k_j \cos \zeta_{j/(j+1)}) \cos[(k_j \cos \zeta_{j/(j+1)})\varphi^e]} d\varphi^e. \quad (21)$$

Относительные перемещения сферических поверхностей уплотнений

Непрерывность контакта плоских поверхностей сопряжённых колец сферического уплотнения обеспечивается постоянным поворотом сферического кольца 5 в седле j -го катка вокруг мгновенной оси поворота $N_{Z'_{(j+1)}}$, расположенной в плоскости образованной осями Z_j и $Z'_{(j+1)}$ и проходящей через центр сферы перпендикулярно к оси $Z'_{(j+1)}$ (см. рис. 3).

Для определения длины пути преодолеваемого произвольной точкой C_5^{cf} выпуклой поверхности сферического кольца 5 по вогнутой поверхности седла j -го катка запишем выражение для определения линейной скорости этой точки в следующем виде:

$$V_5^{cf} = \omega_5^{cf} R_{cf} = -\omega^e k_j \sin \zeta_{j/(j+1)} R_{cf}, \quad (22)$$

где R_{cf} – радиус сферы сферического кольца. Представим (22) в виде:

$$\frac{dS_{C_5}^{cf}}{dt} = -\frac{d\varphi^e}{dt} k_j \sin \zeta_{j/(j+1)} R_{cf}, \quad (23)$$

откуда получаем длину искомого пути:

$$S_{C_5}^{cf} = -k_j \sin \zeta_{j/(j+1)} R_{cf} \int_0^{2\pi} d\varphi^e = -2\pi k_j \sin \zeta_{j/(j+1)} R_{cf}. \quad (24)$$

Знак (-) в равенстве (24) можно отбросить, т.к. длина пути не зависит от направления движения и тогда окончательно имеем:

$$S_{C_5}^{cf} = 2\pi k_j \sin \zeta_{j/(j+1)} R_{cf}. \quad (25)$$

Заключение

Впервые описана кинематика перемещения сопряжённых элементов сферических уплотнений клиновидных межкатковых зазоров многокатковых раскатывающих рабочих органов, что позволяет провести сравнительный анализ энергетических затрат на преодоление сил трения между сопряжёнными поверхностями во фланцевых и сферических уплотнениях.

После дифференцирования и проведения несложных математических операций получим окончательное выражение для определения искомой длины дуги, которое имеет вид:

Библиографический список

1. Пат. №1764518: Устройство для образования скважин в грунте / Л.М. Бобылев, А.Л. Бобылев и В.К. Свирщевский. – № 4828433/03; заявл. 28.05.1990; опубл. 23.09.1992 Бюл. № 35
2. Пат. № 2383687: Раскатчик для образования скважин в грунте / А. Л. Бобылев, Л. М. Бобылев, А. И. Доценко, Г. К. Прохоренко. – № 2008144922/03; заявл. 14.11.2008; опубл. 10.03.2010. Бюл. № 7.
3. Пат. № 2447235: Раскатчик для устройства набивных свай / А. Л. Бобылев, А. И. Доценко. - № 2010126722/03; заявл. 30.06.2010. опубл. 10.04.2012 Бюл. №10.
4. Свирщевский, В. К. Проходка скважин в грунте способом раскатки / В. К. Свирщевский. – Новосибирск: Наука. – 1982. – 121 с.
5. Лис, В. Разработка конструкции и обоснование основных параметров раскатывающего рабочего органа для проходки скважин в грунте: дис. ... канд. техн. наук: код специальности 05.05.04, защищена 24.03.2005, утв. 10.06.2005; науч. рук. док. техн. наук Пономаренко Ю.Е. / В. Лис; СибАДИ – Омск. – 2005. – 182 с.
6. Лис В., Объективные факторы, сдерживающие внедрение метода уплотнения грунта раскатыванием / В. Лис, Ю.Е. Пономаренко, М. Лис // Строительные и дорожные машины. – 2011. – №1. – С. 20-24.
7. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики: учебник для вузов / С. М. Тарг. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. – 416 с.
8. Беклемишев, Д. В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры: учебник для вузов / Д. В. Беклемишев. – 6-е изд. стер. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 320 с.

THE ANALYSIS OF RELATIVE MOVEMENTS OF CONSOLIDATIONS' MATING ELEMENTS OF THE INTERROLLER WEDGE-SHAPED GAPS ROLLING TUNNELERS OF WELLS

V. Lis

Abstract. The article dwells on the mechanics of relative movement of mating elements of flanged type's consolidations of wedge-shaped interroller end clearances. There is considered kinematics of

interaction process of consolidations' elements of spherical type. There are established the laws of relative movements of flat and spherical surfaces of mating elements of spherical type's consolidations of multiroller rolling operating devices. There is presented a trajectory of relative movement of the flat mating surfaces of spherical consolidation.

Keywords: interroller gap, flanged or spherical consolidation, mating elements, law of movement, a trajectory.

References

1. Bobylev L. M., Bobylev A. L., Svirshhevskij V. K. *Raskatchik dlja ustrojstva nabivnyh svaj* [Roller for arranging grouted piles]. Patent RF, no 1764518, 1992.

2. Bobylev A. L., Bobylev L. M., Docenko A. I., Prohorenko G. K. *Raskatchik dlja obrazovanija skvazhin v grunte* [Roller for forming wells in soil]. Patent RF, no 2383687, 2010.

3. Lis V., Ponomarenko Y. E., Lis M. *Obektivnye faktory, sderzhivajushhie vnedrenie metoda uplotnenija grunta raskatyvaniem* [The objective factors constraining the introduction of soil consolidation's method using rolling]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny*, 2011, no 1. pp. 20-24.

4. Svirshhevskij V. K. *Prohodka skvazhin v grunte sposobom raskatki* [Advancing wells in soil using rolling]. Novosibirsk, Nauka, 1982. 121 p.

5. Lis V. *Razrabotka konstrukcii i obosnovanie osnovnyh parametrov raskatyvajushhego rabocheho organa dlja prohodki skvazhin v grunte: dis. kand. tehn. nauk* [Development of a construction and justification of main parameters of a rolling operating device for advancing wells in soil: dis. cand. tech. science]. Omsk, 2005. 182 p.

6. Lis V., Ponomarenko Y. E., Lis M. *Objective factors constraining introduction of a method of consolidation of soil a raskatyvaniye* [The objective factors constraining introduction of a method of soil consolidation using rolling]. *Construction and road cars*, no. 1. pp. 20-24.

7. Targ S. M. *Kratkij kurs teoreticheskoj mehaniki: uchebnik dlja vtuzov* [Brief course of theoretical mechanics: textbook for technical universities]. Moscow, Vysshaja shkola, 1986. 416 p.

8. Beklemishev D. V. *Kurs analiticheskoj geometrii i linejnoj alpebry: uchebnik dlja vuzov* [Course of analytical geometry and linear algebra: textbook for higher education institutions]. Moscow, Nauka, 1987. 320 p.

Лис Виктор (Германия, Mittelbiberach) – кандидат технических наук (88441, Mittelbiberach, Germany, e-mail: vidalis@kabelbw. de)

Lis Victor (Germany, Mittel) - candidate of technical sciences (88441, Mittelbiberach, Germany, e-mail: vidalis@kabelbw. de)

УДК 629.4.015

РЕССОРНОЕ ПОДВЕШИВАНИЕ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ

Ю. Ф. Савельев, В. Я. Шевченко, Н. Ю. Симак

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

Аннотация. В работе представлены обобщающие результаты исследований состояния современно-типового рессорного подвешивания железнодорожных экипажей. На основании опыта эксплуатации отечественного и зарубежного подвижного состава сделан вывод о необходимости модернизации его рессорного подвешивания в современных условиях. Предложены новые принципиальные конструктивные схемы виброзащитных устройств для различных типов подвижного состава.

Ключевые слова: подвижной состав, виброзащита, рессорное подвешивание, модернизация, конструкции.

Введение

Конструкция рессорного подвешивания типового подвижного состава в настоящее время не обеспечивает полную безопасность движения, особенно при коммерческих требованиях увеличения скорости доставки грузов. Этот недостаток присущ всем типовым конструкциям и не зависит от проектировщиков. Причины неэффективности

типового рессорного подвешивания в основном связаны с невозможностью получить достаточно мягкое подвешивание, обеспечивающее заданные габариты и несущую способность. Проблему не решает двухъярусное, и даже трехъярусное подвешивание подвижного состава. В современных условиях к подвешиванию предъявляются следующие основные

требования: оно должно обладать почти нулевой жесткостью в зоне рабочих прогибов с плавным возрастанием жесткости при увеличении прогибов; быть компактным, надежным и долговечным в различных условиях эксплуатации, иметь низкую себестоимость. Традиционное подвешивание не может обеспечить выполнения этих требований. Необходимы принципиально новые способы виброзащиты подвижного состава.

Не вдаваясь в подробности теоретических исследований и конструктивных решений, отметим, что наряду с большой эффективностью активные системы имеют ряд существенных недостатков: они сложны конструктивно, дорогостоящие и не всегда надежны в эксплуатации. В настоящее время нет реальной конструкции активной системы, которая бы удовлетворяла всем требованиям по защите подвижного состава железных дорог от вибрации.

Анализ зарубежной и отечественной литературы свидетельствует о больших технических возможностях пневматических упругих элементов в подвесках грузовых автомобилей, прицепах и полуприцепах. Достоинства подвески здесь определяются следующими обстоятельствами:

1) подвеска имеет нелинейную характеристику с малой жесткостью и повышенной энергоемкостью при статической нагрузке;

2) позволяет использовать различные системы регулирования под вес, габариты при сохранении плавности хода; обладает достаточной надежностью – подвески грузовых автомобилей имеют высокую долговечность, соизмеримую с амортизационным пробегом машины, практически не требуют обслуживания и ремонта.

Эти качества пневмоподвешивания автомобилей стали определяющими при выборе перспективного способа виброзащиты подвижного состава железных дорог.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что пневматические системы рессорного подвешивания локомотивов и вагонов дают возможность устранить недостатки, которыми обладают существующие системы и решить ряд других технически необходимых для подвижного состава задач.

В настоящее время активно ведутся работы по внедрению пневматического

подвешивания, как за рубежом, так и у нас в стране.

Из анализа современных конструктивных схем пневмоподвешивания подвижного состава следует, что практически с его помощью можно реализовать минимальную жесткость, равную 40 – 50 кгс/м. Жесткостная характеристика имеет плавную (почти линейную) зависимость, поэтому при возрастании прогибов (проезд кривых малого радиуса) возможен большой наклон кузова или даже опрокидывание локомотива. Для предотвращения этого в конструкцию устанавливают запорный маятник или используют ограничительные упоры.

При всех очевидных достоинствах пневматического рессорного подвешивания у него, как и у любой конструкции, есть ряд недостатков:

1) ограничена возможность снижения жесткости по условиям габаритов и компоновки до 40 – 50 кгс/м;

2) надежность работы подвижного состава зависит от надежности пневмоподвешивания.

Натурные исследования свидетельствуют о недостаточной долговечности РКО на основе диафрагменных рессор (диафрагма работает в сложных изгибопеременных условиях). Этот недостаток диафрагменных рессор, по-видимому, является причиной того, что в настоящее время основным типом рессор в конструкциях пневмоподвешивания вагонов зарубежных железных дорог применяются пневмобаллоны, отличающиеся большой долговечностью, но явно уступающие диафрагменным по простоте и функциональным возможностям;

3) опыт эксплуатации западно-европейских железных дорог показал целесообразность установки пневмоподвешивания во вторую ступень подвешивания, что также ограничивает его достоинства;

4) как свидетельствуют результаты исследования, одним из важных вопросов, решаемых при использовании пневмоподвешивания на пассажирских вагонах, является снабжение пневморессор сжатым воздухом. Опыт показал, что при выполнении торможения состава, давления в магистрали явно не достаточно для нормальной работы пневмоподвески. Необходимо наличие второй воздушной магистрали параллельно основной;

5) сложные климатические условия России, особенности эксплуатации подвижного состава (в основном на самых грузонапряженных в мире путях – «восток – запад») требуют от него безусловной надежности и безаварийности. Пневмоподвешивание, в отличие от традиционного, все-таки в полной мере не обладает стабильными прочностными и эксплуатационными характеристиками.

Описание виброзащитной системы с «перескоком»

Перспективным направлением виброзащиты подвижного состава является конструкция, которая использует типовую подвеску плюс механические упруго-рычажные устройства, имеющие силовую характеристику с отрицательной зоной упругости [1].

Конструкция подвески состоит из двух устройств: основного и дополнительного. Основным является типовая подвеска в виде пружин, листовых рессор или торсионов. Роль дополнительного устройства играют упругие элементы, установленные параллельно основному и совмещающие следящий и силовой механизмы. Принципиальная колебательная система с виброзащитным устройством изображена на рисунке 1.

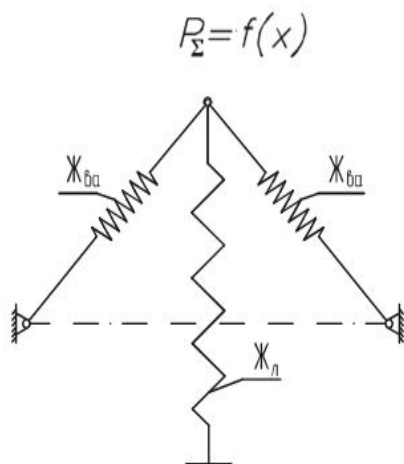


Рис. 1. Принципиальная виброзащитная система с «перескоком»

Совместная работа пружин и устройства с «перескоком» позволяет получить суммарную нелинейную характеристику подвески (рис.2).

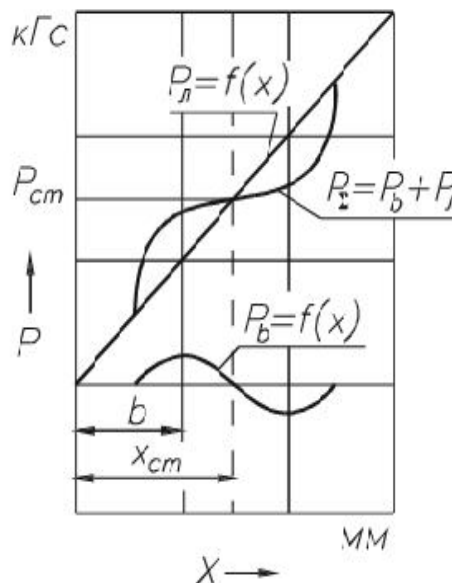


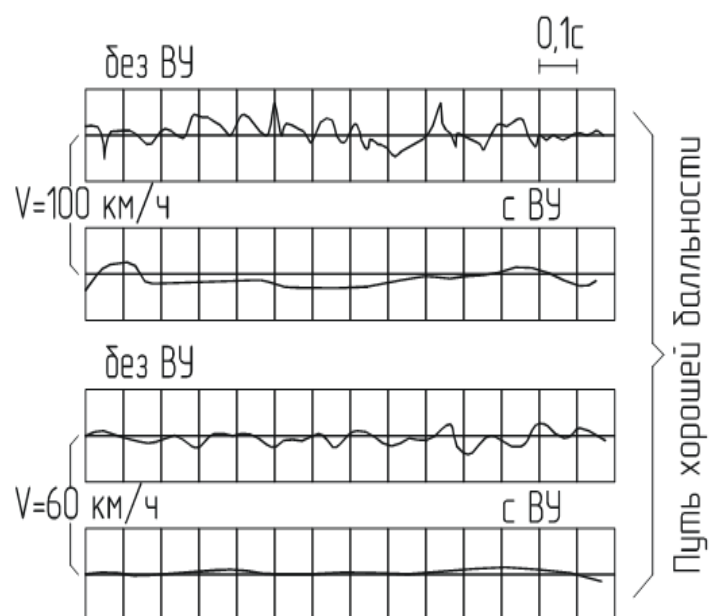
Рис. 2. Силовая характеристика виброзащитной системы

Такие устройства исследованы, разработаны и установлены на электровозе ВЛ10-019, прошли натурные испытания на действующих путях Зап-Сиб. ж.д. Получен положительный эффект – динамическое воздействие на тележку и кузов локомотива снижено в 2-3 раза [2, 6-8].

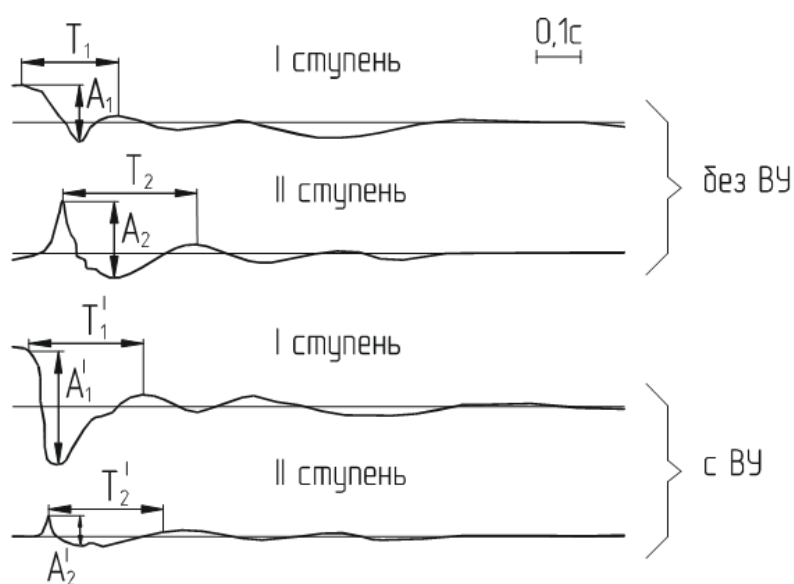
Копии осциллограмм по прогибам второй ступени подвешивании электровоза представлены на рисунке 3 (а). Характерным для них является то, что прогибы подвески с установкой ВУ имеют более «спокойный» характер изменения.

Проведенные кафедрой «Путь и путевое хозяйство» Новосибирского института инженеров железнодорожного транспорта путевые испытания электровоза ВЛ10У-019, оборудованного ВУ, показали, что воздействие его на путь снижено примерно на 8 – 10%.

Копии осциллограмм прогибов первой и второй ступени подвешивания при сбросе локомотива с клиньев ($h = 30$ мм) представлены на рисунке 3 (б).



а – Копии осциллограмм второй ступени подвески электровоза



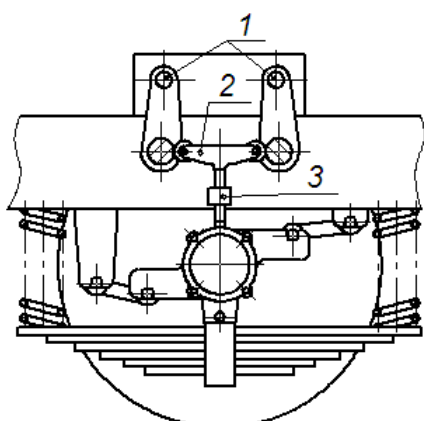
б – Свободные колебания локомотива при сбросе колесных пар с клиньев ($h = 30$ мм)

Рис. 3. Копии осциллограмм прогибов первой и второй ступени подвешивания электровоза

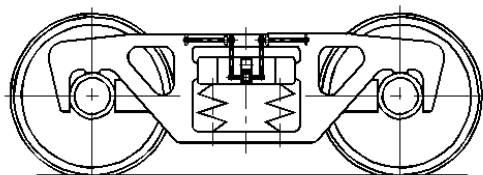
Анализ осциллограмм показывает, что виброзащитные устройства, установленные в первую ступень подвески, увеличивают прогибы этой ступени и подтверждают, что собственные частоты колебаний локомотива снижаются.

Заключение

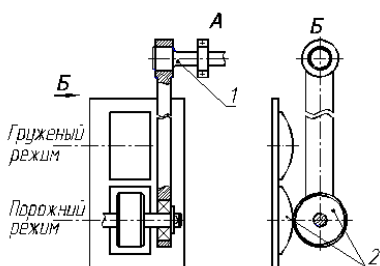
На основании комплекса проведенных исследований [3, 9-12] выполнены конструкторские проработки виброзащитных устройств [4-5] для электровозов (рис. 4а), грузовых (рис. 4б), и пассажирских вагонов (рис. 4в).



а – Схема установки дополнительного устройства в подвеску электровоза 1-торсионы; 2-роликовый блок; 3-регулирующее устройство



б – Схема установки дополнительного устройства в тележку грузового вагона 1-торсионы; 2-роликовый блок



в – Конструкция и схема установки дополнительного устройства в подвеску пассажирского вагона 1-рама тележки; 2-опорная балка кузова; 3-дополнительное устройство

Рис. 4. Конструкторские проработки виброзащитных устройств

Проектные разработки заинтересованных организаций совместно с авторами разработчиками таких устройств позволили бы создать принципиально новый способ виброзащиты подвижного состава, улучшив его динамические качества и, как следствие, существенно повысить скорость и безопасность движения.

Библиографический список

1. Галиев, И. И. Эффективная виброзащита подвижного состава и экипажа на основе упругих систем со знакопеременной упругостью / И. И. Галиев, Ю. Ф. Савельев, В. Я. Шевченко, Н. Ю. Симак // Железнодорожный транспорт. – 2008. – № 2. – С. 57-59.
2. Савельев, Ю. Ф. Виброзащита подвижного состава и экипажа на основе механических устройств со знакопеременной упругостью: монография / Ю. Ф. Савельев, Н. Ю. Симак; Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2010. – 131 с.
3. А.с. 49299 СССР. Устройство для уменьшения механических колебаний транспортного средства / М. П. Пахомов, А.Л. Осинковский, В. Г. Бухольц, Ю. Ф. Савельев. – № 2270118; опубл. 05.12.75, Бюл. № 45.
4. Пат. 2270118 РФ, С2 В61F 5/06. Устройство для уменьшения колебаний грузового вагона / И.И. Галиев, Ю.Ф. Савельев, В.А. Нежаев, В.Я. Шевченко, Н.Ю. Симак / № 2004111367/11; опубл. 20.02.2006, Бюл. № 5.
5. Пат. 2505437 РФ, С2 В61F 5/00 / Устройство для уменьшения колебаний пассажирского вагона / Ю. Ф. Савельев, Н. Ю. Симак, Е. А. Черников / № 2012111033/11; опубл. 27.01.2014. Бюл. № 3.
6. Елисеев, С. В. Динамический синтез в обобщенных задачах виброзащиты и виброизоляции технических объектов / С. В. Елисеев, Ю. Н. Резник, А. П. Хоменко, А. А. Засядко. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2008. – 523 с.
7. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Т. 1. Линейные системы / Д. П. Ким. – М.: Физматлит, 2003. – 288 с.
8. Вершинский С. В. Динамические характеристики центрального рессорного подвешивания пассажирских вагонов с наклонными элементами / С. В. Вершинский, И. С. Доронин // Исследование динамики вагонов, Тр. ВНИИЖТа. – 1965. – вып. 307. – С. 100-120.
9. Грачев, В. Ф. Плоские колебания сочлененных тележечных поездов с одинарным подвешиванием / В. Ф. Грачев // Исследование колебаний подвижного состава, Тр. ДИИТа. – 1974. – вып. 158. – С. 90-93.
10. Вершинский, С. В. Динамика вагонов / С. В. Вершинский, В. Н. Данилов, И. И. Челноков. – М.: Транспорт, 1978. – 352 с.
11. Камаев, В. А. Оптимизация параметров ходовых частей железнодорожного подвижного состава / В. А. Камаев. – М.: Машиностроение, 1980. – 215 с.

12. Кальянов, В. И. Комбинированное демпфирование вертикальных колебаний локомотивов с пневматической рессорой в центральной ступени / В. И. Кальянов // Динамика и прочность локомотивов, Тр. ВНИИЖТа. – 1977. – вып. 574. – С. 28-35.

THE SPRING SUSPENSION OF A ROLLING STOCK PROVIDING SAFETY IMPROVEMENT AND INCREASE OF RUNNING SPEED

Y. F. Saveliev, V. Y. Shevchenko, N. Y. Simak

Abstract. The article dwells upon generalizing researches' results of a condition of modern and standard spring suspension of railway carriages. On the basis of operation's experience of domestic and foreign rolling stock there is drawn a conclusion on need of modernization of its spring suspension in modern conditions. The authors present new fundamental constructive diagrams of vibroprotection devices for various types of a rolling stock.

Keywords: rolling stock, vibroprotection, spring suspension, modernization, structures.

References

1. Galiev I. I., Saveliev Y. F., Shevchenko V. Ja., Simak N. Y. *Jeftektivnaja vibrozashhita podvizhnogo sostava i jekipazha na osnove uprugih sistem so znakoperemnoj uprugost'ju* [Effective vibroprotection of a rolling stock and carriage on the basis of elastic systems with sign-variable elasticity]. *Zheleznodorozhnyj transport*, 2008, no 2. Pp. 57-59.

2. Saveliev Y. F., Simak N. Ju. *Vibrozashhita podvizhnogo sostava i jekipazha na osnove mehanicheskikh ustrojstv so znakoperemnoj uprugost'ju: monografija* [Vibroprotection of a rolling stock and carriage on the basis of mechanical devices with sign-variable elasticity: monograph]. Omskij gos. un-t putej soobshhenija. Omsk, 2010. 131 p.

3. Pahomov M. P., Osinovskij A.L., Bukholts V. G., Saveliev Y. F. *Ustrojstvo dlja umen'shenija mehanicheskikh kolebanij transportnogo sredstva* [The device for decreasing mechanical oscillations of vehicle]. A.c. no 2270118.

4. Galiev I. I., Savel'ev Ju. F., Nehaev V. A., Shevchenko V. Y., Simak N. Y. *Ustrojstvo dlja umen'sh enija kolebanij gruzovogo vagona* [The device for decreasing fluctuations of a freight car]. Patent RF, no 2004111367/11.

5. Saveliev Y.F., Simak N.Y., Chernikov E. A. *Ustrojstvo dlja umen'shenija kolebanij passazhirskogo vagona* [Device for decreasing fluctuations of a couch car]. Patent RF, 2012111033/11.

6. Eliseev S. V. Reznik Ju. N., Homenko A. P., Zasadko A. A. *Dinamicheskij sintez v obobshhennyh zadachah vibrozashhity i vibroizoljacji tehniceskikh ob'ektov* [Dynamic synthesis in generalized problems of vibroprotection and vibroinsulation of technical objects]. Irkutsk, Izd-vo Irkut. gos. un-ta, 2008. 523 p.

7. Kim D. P. *Teorija avtomaticheskogo upravljenija*. [Theory of automatic control]. Moscow, Fizmatlit, 2003. 288 p.

8. Vershinskij S. V. *Dinamicheskie harakteristiki central'nogo resornogo podveshivanija passazhirskih vagonov s naklonnymi jelementami* [Dynamic characteristics of central spring suspension of couch cars with inclined elements]. *Issledovanie dinamiki vagonov*, Tr. VNIIZhTa, 1965, no 307. Pp. 100-120.

9. Grachev V. F. *Ploskie kolebanija sochlenennyh telezhechnyh poezdov s odinarnym podveshivaniem* [Flat fluctuations of jointed bogie trains with single suspension]. *Issledovanie kolebanij podvizhnogo sostava*, 1974, no 158. Pp. 90-93.

10. Vershinskiy S. V., Danilov V. N., Chelnokov I. I. *Dinamika vagonov* [Dynamics of coaches]. Moscow, Transport, 1978. 352 pp.

11. Kamaev V. A. *Optimizacija parametrov hodovyh chastej zheleznodorozhnogo podvizhnogo sostava* [Optimization of parameters of a rolling stock's running gears]. Moscow, Mashinostroenie, 1980. 215 p.

12. Kalyanov V. I. *Kombinirovannoe dempfirovanie vertikal'nyh kolebanij lokomotivov s pnevmaticheskoy resoroy v central'noj stupeni* [The combined damping of vertical fluctuations of locomotives with a pneumatic spring suspension]. *Dinamika i prochnost' lokomotivov*, 1977, no 574. pp. 28-35.

Савельев Юрий Федорович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Начертательная геометрия и инженерная графика» Омского государственного университета путей сообщений (ОМГУПС). (644046, Россия, г. Омск, пр. Маркса, 35)

Шевченко Валерий Яковлевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, Омского государственного университета путей сообщений (ОМГУПС). (644046, Россия, г. Омск, пр. Маркса, 35, e - mail: ShevchenkoVJa@omgups.ru)

Симак Надеждак Юрьевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, Омского государственного университета путей сообщений (ОМГУПС). (644046, Россия, г. Омск, пр. Маркса, 35, e - mail: simaknu@mail.ru)

Saveliev Yuriy Fedorovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor, head of the department "Descriptive geometry and engineering graphics" of Omsk State Transport University. (644046, Omsk, Marks Ave., 35)

Shevchenko Valeriy Yakovlevich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor, Omsk State Transport University. (644046, Omsk, Marks Ave., 35, e - mail: ShevchenkoVJa@omgups.ru)

Simak Nadezhda Yurievna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor, Omsk State Transport University. (644046, Omsk, Marks Ave., 35, e - mail: simaknu@mail.ru)

УДК 656.1

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ДЛЯ ОПИСАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ТЕКУЩЕМ РЕЖИМЕ

Л. С. Трофимова, В. В. Анохин
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. Приведены результаты анализа действующих теоретических положений грузовых автомобильных перевозок по расчёту производительности подвижного состава и себестоимости. Установлено, что существующие теоретические положения грузовых автомобильных перевозок предназначены для сменно-суточного планирования работы подвижного состава. Следует разработать методику, позволяющую учитывать возможность использования единицы подвижного состава в автотранспортной системе перевозок грузов по конкретному договору.

Ключевые слова: грузовые автомобильные перевозки, автотранспортное предприятие, текущее планирование, эффективность.

Введение

Особая роль в решении задач Транспортной стратегии до 2030 года отводится автотранспортным предприятиям (АТП), обеспечивающим переход точки прибыльности из процессов физической перевозки в область транспортно-логистических услуг [1]. Инструментом хозяйственного руководства для реализации задач Транспортной стратегии является текущее планирование, позволяющее установить цели и средства эффективного функционирования АТП. Планирование производительности подвижного состава, направленное на эффективное его использование с учетом условий договоров на перевозку грузов, является ключевым элементом для описания функционирования АТП в текущем режиме. Действующие методики предполагают расчет производительности на один инвентарный автомобиле-час или на среднесписочную автомобиле-тонну за час работы, которая и используется для определения годовой производительности.

Результаты анализа теоретических положений грузовых автомобильных перевозок по расчёту производительности подвижного состава и себестоимости

Д. П. Великанов [2], М. И. Ипатов, Л. Л. Афанасьев [3], С. М. Цукерберг [3], В. П. Карташов, В. М. Мальцев [4], Е. С. Кузнецов, И. П. Курников [5], А. И. Воркут [6] и др. (таблица 1) совершенствовали методики по определению производительности подвижного состава с учётом того, что «выполнение автотранспортной организацией

заданного планом объёма перевозок помимо производительности каждого из эксплуатируемых автомобилей в значительной мере зависит от величины использования имеющегося инвентарного количества автомобилей, т.е. от коэффициента использования парка» [7].

По мнению Д. П. Великанова [2], М. И. Ипатова, использование общепринятых методов расчета часовой производительности грузового автомобиля или автопоезда [7] позволяло учитывать простой автомобилей в плановых технических обслуживаниях и текущих ремонтах только в методике определения годовой производительности. Такой подход исключал влияние сезонных и суточных колебаний:

$$W_{\Gamma} = \frac{q \cdot \gamma \cdot l \cdot \beta \cdot v_{\Gamma} \cdot T_c \cdot 365 \cdot \alpha}{l + \beta \cdot v_{\Gamma} \cdot t_{n-p}}, \quad (1)$$

где q – номинальная грузоподъемность, т; γ – коэффициент использования грузоподъемности; l – средняя длина ездки с грузом, км; β – коэффициент использования пробега; v_{Γ} – техническая скорость, км/ч; T_c – время в наряде, ч; α – коэффициент использования автомобиля или автопоезда; t_{n-p} – время выполнения погрузочно-разгрузочных работ за одну ездку, включающее связанные с ними затраты времени на оформление груза, ожидание, маневрирование и пр.

Методика по эффективному использованию подвижного состава АТП [2] была направлена на то, чтобы «объективно, научно обосновать выбор наиболее рациональной конструкции автомобиля для

каждого определенного вида перевозок и решить вопрос о целесообразности постановки на производство новой модели», а не на описание функционирования АТП в текущем режиме.

Таблица 1 – Результаты обзора теоретических положений грузовых автомобильных перевозок по расчёту производительности подвижного состава АТП

Наименование показателя, учитывающего использование подвижного состава	ФИО ученого	Область применения
Коэффициент использования автомобиля или автопоезда	Д. П. Великанов [2], М. И. Ипатов	Обоснование выбора наиболее рациональной конструкции автомобиля для каждого определенного вида перевозок и решение вопроса о целесообразности постановки на производство новой модели
Удельный простой автомобиля	Л. Л. Афанасьев [3], О. М. Цукерберг [3]	Определение влияния времени в наряде на суточный пробег и простой в ремонте, приходящийся на каждый день работы
Коэффициент технической готовности, коэффициент использования готовых к эксплуатации автомобилей	В. П. Карташов, В. М. Мальцев [4]	Анализ организации технического обслуживания и ремонта автомобилей на АТП, выбор рационального метода технического обслуживания
Коэффициент технической готовности, коэффициент нерабочих дней	Е.С. Кузнецов, И.П. Курников [5]	Учет состояния производственной базы и приспособленности конструкции автомобиля к выполнению технического обслуживания и ремонта
Коэффициент технической готовности	А. И. Воркут [6]	Оперативный анализ влияния эксплуатационных показателей на экономические результаты работы АТП с целью выявления потерь и неиспользованных резервов, а также для составления обоснованных плановых заданий
Коэффициент, учитывающий величину простоя технически исправных автомобилей в рабочие дни	В. И. Николин [8]	Планирование работы парка подвижного состава в оперативном режиме

Л. Л. Афанасьев [3], С. М. Цукерберг [3] разработали методику определения производительности списочного парка в тоннах или тонно-километрах за один инвентарный автомобиле-час, в которой предлагалось при расчете часовой производительности учитывать коэффициент использования автомобиля. Сравнивая полученные модели с формулой производительности рабочего парка, можно сделать вывод, что они отличаются коэффициентом использования времени суток в числителе и слагаемыми T_n , l_{ez} , d_n , v_T в знаменателе:

$$W'_P = \frac{q\gamma_D \cdot v_T \cdot \beta \cdot l_{ez}}{\left(\frac{l_{ez} + v_T \cdot \beta \cdot t_{n-p}}{T_n} + l_{ez} \cdot v_T \cdot d_n \right)} \cdot 24, \quad (2)$$

где γ_D – динамический коэффициент использования грузоподъемности; l_{ez} – длина ездки с грузом, км; T_n – время пребывания в наряде; d_n – удельный простой автомобиля.

Л. Л. Афанасьев [3], С. М. Цукерберг [3] обозначили, что данная методика могла быть применена для «определения влияния времени в наряде на суточный пробег и простой в ремонте, приходящийся на каждый день работы», а не для описания

функционирования АТП с учетом условий договоров для текущего планирования.

В. П. Карташов, В. М. Мальцев [4] «для анализа организации технического обслуживания и ремонта автомобилей на отдельно взятом АТП и её оценки при сопоставлении результатов работы нескольких автопредприятий, а также для выбора рациональных методов технического обслуживания» использовали общепринятую формулу расчета производительности (1) с учётом совместного влияния коэффициента технической готовности автомобиля и коэффициента использования готовых к эксплуатации автомобилей (3):

$$П = \frac{q\gamma_D \cdot \beta \cdot V_T \cdot T_H \cdot D_u \cdot \alpha_s}{l_{z.e} + \beta \cdot V_T \cdot t_{np}} \cdot \alpha_T, \quad (3)$$

где D_u – календарное (инвентарное) число дней в рассматриваемом периоде; α_s – коэффициент использования готовых к эксплуатации автомобилей; α_T – коэффициент технической готовности.

Е. С. Кузнецов, И. П. Курников [5] определили методику расчета годовой производительности подвижного состава с использованием коэффициента технической готовности и коэффициента нерабочих дней, что позволяло учитывать состояние производственной базы и приспособленность конструкции автомобиля к выполнению технического обслуживания и ремонта:

$$W = 365 \cdot \alpha_T \cdot (1 - \alpha_n) \cdot q \cdot \gamma \cdot \beta \cdot l_{cc}, \quad (4)$$

где α_n – коэффициент нерабочих дней; l_{cc} – среднесуточный пробег, км.

А. И. Воркут [6] предложил определять транспортную работу, выполняемую парком автомобилей с учетом количества автомобиле-часов за рассматриваемый период и средней часовой выработки. Такой подход позволил автору учитывать коэффициент использования парка применительно к каждой группе автомобилей.

$$P = \bar{A} \cdot D \cdot \bar{\alpha} \cdot \bar{T}_n \cdot \bar{P}_q = \bar{A} \cdot D \cdot \bar{\alpha} \cdot \bar{T}_n \cdot \frac{\bar{V}_T \cdot \bar{\beta} \cdot \bar{q}_e \cdot \bar{\gamma}_{cm}}{\bar{l}_{z.e} + \bar{V}_T \cdot \bar{\beta} \cdot \bar{t}_{np}}, \quad (5)$$

где \bar{A} – среднесписочное количество автомобилей в парке; D – период функционирования; $\bar{\alpha}$ – коэффициент

использования парка автомобилей; \bar{T}_n – время пребывания автомобилей в наряде; \bar{P}_q – средняя часовая выработка автомобиля; \bar{V}_T – средняя техническая скорость парка автомобилей; $\bar{\beta}$ – коэффициент использования автомобилей средний по парку; \bar{q}_e – средняя грузоподъемность; $\bar{\gamma}_{cm}$ – среднее значение коэффициента статического использования грузоподъемности; $\bar{l}_{z.e}$ – среднее расстояние груженого пробега автомобиля за одну езду; \bar{t}_{np} – среднее время простоя автомобиля под погрузкой и разгрузкой за одну езду.

$$W = \bar{A} \cdot D \cdot \bar{\alpha} \cdot \bar{T}_n \cdot \bar{W}_q = \bar{A} \cdot D \cdot \bar{\alpha} \cdot \bar{T}_n \cdot \frac{\bar{V}_T \cdot \bar{\beta} \cdot \bar{q}_{n.z} \cdot \bar{\gamma}_D \cdot \bar{l}_{z.e}}{\bar{l}_{z.e} + \bar{V}_T \cdot \bar{\beta} \cdot \bar{t}_{np}}, \quad (6)$$

где $\bar{q}_{n.z}$ – средняя грузоподъемность для расчета объема перевозок в тонно-километрах, учитывающая пробег с грузом, выполняемый автомобилями различной грузоподъемности; $\bar{\gamma}_D$ – среднее значение коэффициента динамического использования грузоподъемности.

Методика [6] была разработана для оперативного анализа влияния эксплуатационных показателей на экономические результаты работы АТП с целью выявления потерь и неиспользованных резервов, а также для составления обоснованных плановых заданий и не предполагала описание функционирования АТП в текущем режиме.

В. И. Николин [8] доказал, что величина β не имеет закономерной связи с величиной транспортной продукции, поэтому для исключения влияния β из формулы расчета часовой производительности её необходимо удалить, а тогда целесообразно использовать приближенную модель описания производительности подвижного состава. В работе [8, 9, 10] было предложено учитывать коэффициент простоя технически исправных автомобилей K_α и удельный простой в техническом обслуживании и ремонте на 1000 км пробега в днях d_y :

$$Q = \frac{D_u \cdot K_\alpha \cdot q \cdot \sum_1^{z_{e \max}} \gamma_i}{1 + \left(\frac{T_M \cdot l_M \cdot V_T}{l_M + V_T \cdot q \cdot \sum_1^n (\tau_{n-p_i} \cdot \gamma_i)} + \sum_1^{z'_e} l_{z_i} + \sum_1^m l_{x_j} + l_n \right) \cdot d_y} \cdot \frac{D_{p2}}{D_u}, \quad (7)$$

$$P = \frac{D_u \cdot K_\alpha \cdot q \cdot \sum_1^{z_{e \max}} \gamma_i \cdot l_z}{1 + \left(\frac{T_M \cdot l_M \cdot V_T}{l_M + V_T \cdot q \cdot \sum_1^n (\tau_{n-p_i} \cdot \gamma_i)} + \sum_1^{z'_e} l_{z_i} + \sum_1^m l_{x_j} + l_n \right) \cdot d_y} \cdot \frac{D_{p2}}{D_u}, \quad (8)$$

где D_u – дни инвентарные; K_α – коэффициент, учитывающий простой технически исправного подвижного состава; q – номинальная грузоподъемность единицы подвижного состава, т; i – порядковый номер ездки; γ_i – коэффициент использования грузоподъемности на i -й ездке; τ_{n-p_i} – время простоя под погрузкой и разгрузкой за ездку, ч; l_{z_i} – средняя длина ездки с грузом на маршруте, км; l_{x_j} – пробег без груза, совершаемый на последней ездке за остаток времени, км; l_n – пробег от АТП до первого пункта погрузки и от последнего пункта разгрузки до АТП, км; d_y – норматив простоя автомобиля в ТО и ремонте на 1000 км пробега в днях; D_{p2} – дни работы в году; D_u – дни инвентарные.

В. В. Варакиным [9] было отмечено, что методика, изложенная в работах [8,9,10], пригодна только для оперативного планирования и позволяет одновременно рассчитывать повышение производительности в результате улучшения технико-эксплуатационных показателей и уменьшение ее за счет возможного снижения коэффициента использования автомобиля в результате воздействия тех же технико-эксплуатационных показателей.

Таким образом, можно сделать вывод, что ранее разработанные модели (1) – (8) и методики не учитывают особенности использования подвижного состава АТП в текущем режиме (см. табл. 1), а тогда и не предназначены для описания функционирования АТП в текущем режиме.

С. Р. Лейдерман [7], Н.Ф. Билибина, Д. П. Великанов [2], Л. Л. Афанасьев [3], С. М. Цукерберг [3], В. П. Карташов, В. М. Мальцев [4], Н. Я. Говорущенко, Л. А. Бронштейн, А. И. Воркут [6] в расчёте себестоимости учитывали методики расчёта производительности, предназначенные для сменно-суточного планирования. Вышеизложенное позволяет утверждать, что применение такого подхода (использование в текущем планировании величин себестоимости, полученных оперативно) не соответствует реальному протеканию транспортного процесса и не соответствует условиям, определённым в договоре на перевозку грузов.

На сегодняшний день работа автомобильного транспорта осуществляется в условиях модернизации и технологического развития экономики России в соответствии с Транспортной стратегией и связана с всё большим срастанием автомобильного транспорта с обслуживаемым производством. Современные условия требуют применения системного анализа для описания текущего функционирования АТП, который позволяет учитывать человеко-машинный характер процесса планирования за счет использования вычислительной техники [11].

В современных условиях в практике работы АТП автотранспортное производство рассматривается как комплексное, так как состоит из различных по своей природе, но взаимосвязанных процессов. Каждый из этих процессов обладает необходимыми свойствами и признаками, позволяющими отнести их к производственным потокам процесса перевозки грузов, управления, процесса технического обслуживания и текущего ремонта подвижного состава [12].

В связи с этим моделирование функционирования АТП для текущего планирования должно учитывать процесс перевозки грузов, управления, процесс технического обслуживания и текущего ремонта подвижного состава, возможность перевозки грузов единицей подвижного состава на различных маршрутах, которые могут быть представлены автотранспортными системами перевозок грузов всех видов [12]. Применительно к текущему режиму планирования следует рассматривать возможность назначать каждую единицу подвижного состава для перевозок грузов применительно к условиям конкретного договора; учитывать фактическую производительность и фактический пробег единицы подвижного состава, реализуемой при работе в различных автотранспортных системах перевозок грузов.

Методика, позволяющая выполнить описание функционирования АТП, должна учитывать не только ограничения, но и допущения, которые возможны в практической работе. В математическом моделировании можно пренебречь рисками, обусловленными чрезвычайными событиями природного характера; рисками, связанными с влиянием человеческого фактора; социально-политическими рисками; рисками, связанными с нестабильностью экономического законодательства и текущей экономической ситуацией; условиями инвестирования и использования прибыли [13].

Заключение

В результате анализа сделан вывод о том, что существующие теоретические положения грузовых автомобильных перевозок предназначены для сменно-суточного планирования работы подвижного состава. Установлено, что для практики функционирования АТП в текущем режиме следует разработать методику, позволяющую учитывать, что каждая единица подвижного состава может быть использована для перевозки грузов в одной автотранспортной системе перевозок грузов по конкретному договору. Такой подход к текущему планированию обеспечит эффективное функционирование АТП в комплексе с учетом затрат на выполнение конкретного договора.

Работа выполнена в соответствии с основанием для проведения НИР: заданием № 401/В-14Ф на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России.

Библиографический список

1. Федеральная целевая программа «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года»: утв. Распоряжением Правительства РФ от 22 ноября 2008 г. № 1734-р. – М.: Информавтодор, 2008. – 136 с.
2. Великанов, Д. П. Автомобильные транспортные средства: учеб. пособие / Д. П. Великанов, В. И. Бернацкий, Б. Н. Нифонтов, И. П. Плеханов. – М.: Транспорт, 1977. – 326 с.
3. Афанасьев, Л. Л. Автомобильные перевозки / Л. Л. Афанасьев, С. М. Цукерберг. – М.: Транспорт, 1973. – 320 с.
4. Карташов, В. П. Организация технического обслуживания и ремонта автомобилей / В. П. Карташов, В. М. Мальцев. – М.: Транспорт, 1979. – 215 с.
5. Кузнецов, Е. С. Производственная база автомобильного транспорта: Состояние и перспективы / Е.С. Кузнецов, И.П. Курников. – М.: Транспорт, 1988. – 231 с.
6. Воркут, А. И. Грузовые автомобильные перевозки / Воркут А.И. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 447 с.
7. Лейдерман, С. Р. Теоретические основы эксплуатации грузовых автомобилей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. / С. Р. Лейдерман – М., 1963. – 42 с.
8. Николин, В. И. Научные основы совершенствования теории грузовых автомобильных перевозок: дис. ... д-ра техн. наук / В. И. Николин – М., 2000. – 343 с.
9. Варакин, В. В. Совершенствование сменно-суточного планирования работы подвижного состава грузового автотранспортного предприятия: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10 / В. В. Варакин. – Омск, 2012. – 180 с.
10. Чебакова, Е. О. Техничко-экономическое планирование транспортного процесса в цепях поставок: монография / Е. О. Чебакова, С. М. Мочалин, В. В. Варакин; СибАДИ. – Омск: СибАДИ, 2009. – 320с.
11. Анохин, В. В. Роль текущего планирования работы автотранспортных предприятий в автотранспортной системе / В.В. Анохин // Международ. науч.-практ. конференция «Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки». Секция №9 «Развитие теории и практики грузовых автомобильных перевозок, транспортной логистики»: сборник научных трудов № 7 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте». – Омск: Полиграфический центр КАН, 2014. – С. 113-120.
12. Витвицкий, Е. Е. Классификация грузовых автотранспортных предприятий по сложности состава и функционирования в городах / Е. Е. Витвицкий, Л. С. Трофимова // Автотранспортное предприятие. – 2014. – №9. – С. 50-53.
13. Иванов, В. Н. Обоснование допущений в математическом моделировании формирования и развития систем машин дорожных организаций / В.Н. Иванов, Л.С. Трофимова // Вестник СибАДИ. – 2013. – № 3 (31). – С. 39-46.

THE ANALYSIS OF APPLYING THEORETICAL PROVISIONS OF TRUCKING FOR THE DESCRIPTION OF AUTOTRANSPORT ENTERPRISES' FUNCTIONING IN A CURRENT MODE

L. S. Trofimova, V. V. Anokhin

Abstract. The article shows the results of the analysis of trucking's acting theoretical provisions on calculation of a rolling stock's productivity and cost. It has been established that the existing theoretical provisions of trucking are assigned for changeable daily schedule of a rolling stock's work. It is necessary to develop a methodology that allows considering opportunity of using unit of a rolling stock in trucking under specific agreement.

Keywords: trucking, autotransport enterprise, current planning, effectiveness.

References

1. *Federal'naja celevaja programma Transportnaja strategija Rossijskoj Federacii na period do 2030 goda: utv. Rasporjazheniem Pravitel'stva RF ot 22 nojabrja 2008 g. № 1734-r.* [Federal target-oriented program "Transport Strategy of the Russian Federation for the period till 2030": aff. by the order of the Government of the Russian Federation of November 22, 2008 No. 173]. Moscow, Informavtodor, 2008. 136 p.
2. Velikanov D. P., Bernackiy V. I., Nifontov B. N., Plekhanov I. P. *Avtomobil'nye transportnye sredstva: ucheb. posobie* [Automobile vehicles: textbook]. Moscow, Transport, 1977. 326 p.
3. Afanasiev L. L., Cukerberg S. M. *Avtomobil'nye perevozki* [Automobile transportations]. Moscow, Transport, 1973. 320 p.
4. Kartashov V. P., Mal'cev V. M. *Organizacija tehničeskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobilej* [Organization of maintenance and repair of automobiles]. Moscow, Transport, 1979. 215 p.
5. Kuznecov E. S., Kurnikov I. P. *Proizvodstvennaja baza avtomobil'nogo transporta: Sostojanie i perspektivy* [Production basis of the motor transport: condition and prospects]. Moscow, Transport, 1988. 231 p.
6. Vorkut A. I. *Gruzovye avtomobil'nye perevozki* [Trucking]. Kiev: Vishha shk. Golovnoe izd-vo, 1986. 447 p.
7. Leiderman S. R. *Teoreticheskie osnovy jekspluatacii gruzovyh avtomobilej avtoref. dis. d-ra tehn. nauk* [Theoretical bases of trucks' operation] Moscow, 1963. 42 p.
8. Nikolin V. I. *Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya teorii gruzovyh avtomobil'nyh perevozok dis. ... d-ra tehn. Nauk* [Scientific bases of improving the theory of trucking]. Moscow, 2000. 343 p.
9. Varakin V. V. *Sovershenstvovanie smenno-sutochnogo planirovaniya raboty podvizhnogo sostava gruzovogo avtotransportnogo predpriyatija: thesis. kand. tech. sciences* [Perfecting the changeable daily schedule

of a rolling stock's work of a cargo motor transport enterprise: dis. kand. tech. science]. Omsk, 2012. 180 p.

10. Chebakova E. O., Mochalin S. M., Varakin V. V. *Tehniko-jekonomicheskoe planirovanie transportnogo processa v cepjah postavok: monografija* [Technical and economic planning of a transport process in supply chains]. Omsk: SibADI, 2009. 320p.

11. Anokhin V. V. *Rol' tekushhego planirovaniya raboty avtotransportnyh predpriyatij v avtotransportnoj sisteme* [The role of current planning autotransport enterprises' work in autotransport system]. *Mezhdunarod. nauch.-prakt. konferencija «Razvitie dorozhno-transportnogo i stroitel'nogo kompleksov i osvoenie strategicheski vaznyh territorij Sibiri i Arktiki: vklad nauki»*. Sekcija №9 «Razvitie teorii i praktiki gruzovyh avtomobil'nyh perevozok, transportnoj logistiki»: sbornik nauchnyh trudov № 7 kafedry «Organizacija perevozok i upravlenie na transporte». Omsk: Poligraficheskij centr KAN, 2014. Pp. 113-120.

12. Vitvitskiy E. E., Trofimova L. S. *Klassifikacija gruzovyh avtotransportnyh predpriyatij po slozhnosti sostava i funkcionirovaniya v gorodah* [The cargo's classification of autotransport enterprises on complexity of structure and functioning in cities]. *Avtotransportnoe predpriyatje*, 2014, no 9. Pp. 50-53.

13. Ivanov V. N., Trofimova L. S. *Obosnovanie dopushhenij v matematicheskom modelirovanii formirovaniya i razvitija sistem mashin dorozhnyh organizacij* [Justification of assumptions in mathematical modeling of formation and development of machine systems of road organizations]. *Vestnik SibADI*, 2013, no 3 (31). pp. 39-46

Трофимова Людмила Семеновна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, докторант, шифр научной специальности 05.22.10; доцент кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: trofimova_ls@mail.ru)

Анохин Вадим Валентинович (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: ad35@mail.ru.)

Trofimova Ludmila Semenovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor, doctoral candidate, code of scientific specialty 05.22.10; associate professor of the department "Organization of transportations and management on transport" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 6, e-mail: trofimova_ls@mail.ru)

Anokhin Vadim Valentinovich (Russian Federation, Omsk) – graduate student of the department "Organization of transportations and management on transport" of The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 6, e-mail: ad35@mail.ru.)

УДК 629.113:62-592

КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ РАЗГОНА АВТОМОБИЛЯ

А. И. Федотов, Е. М. Портнягин

Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет,
Россия, г. Иркутск

Аннотация. В статье дано описание комплекса для проведения экспериментальных исследований процесса разгона автомобилей. Приведены метрологические характеристики систем измерения скорости автомобиля, пройденного им пути, а также системы измерения момента, подведенного к ведущим колесам. Показаны графики зависимостей крутящего момента, подведенного к ведущим колесам.

Ключевые слова: исследовательский комплекс, процесс разгона автомобиля, система измерения момента силы, погрешность измерения.

Введение

В условиях интенсивного развития и усложнения конструкции автомобилей, особую актуальность приобретает разработка новых динамических методов их диагностирования [1,2]. Динамические методы позволяют определять функциональные характеристики автомобиля, в том числе, на режимах разгона и выбега [3,4]. Параметры, измеренные в режимах разгона и выбега автомобиля на горизонтальном участке дороги, несут диагностическую информацию о техническом состоянии его агрегатов, механизмов, узлов и систем [1].

Мониторинг параметров автомобиля на режимах разгона

Для измерения и регистрации параметров разгона был разработан компьютерный комплекс, который позволяет проводить экспериментальные исследования влияния технического состояния двигателя и трансмиссии автомобиля на динамические показатели процесса его разгона в условиях эксплуатации.

В состав исследовательского комплекса входят следующие системы измерения:

1. Система измерения пройденного автомобилем пути и скорости;
2. Отметчик момента переключения передач;
3. Система измерения крутящего момента на полуоси автомобиля [5].

Блок-схема компьютерного измерительного комплекса для проведения ходовых испытаний автомобилей показана на рисунке 1.

Система измерения пройденного автомобилем пути и скорости состоит из датчика «пятое колесо» 2, оснащенного оптопарой 3. Датчик «пятое колесо» крепится сзади к раме автомобиля. При вращении «пятого колеса» сигнал от оптопары преобразуется электронным формирователем сигнала в стандартные прямоугольные импульсы напряжения.

Ротор датчика жестко закреплен на оси вращения «пятого колеса» и имеет 60 равноудаленных друг от друга отверстий. За один полный оборот «пятого колеса» система измерения пройденного автомобилем пути формирует 60 прямоугольных импульсов. Дискретность измерения пройденного пути составляет:

$$\Delta S = \frac{2 \cdot \pi \cdot r_k}{N} = \frac{2 \cdot 3,1415 \cdot 0,382}{60} = 0,04 \text{ [м]}, \quad (1)$$

где r_k – радиус «пятого колеса», [м]

N – количество отверстий на роторе датчика «пятое колесо».

Измерение скорости движения автомобиля производится по частоте сигнала от датчика «пятое колесо», который подается в аналого-цифровой преобразователь (АЦП).

Отметчик момента переключения передач выполнен в виде микропереключателей 7, установленных на крышку коробки передач. При включении выбранной передачи происходит замыкание контактов микропереключателя 7 и подача сигнала «логическая единица» на вход АЦП. При этом компьютер фиксирует номер выбранной передачи и время её включения.

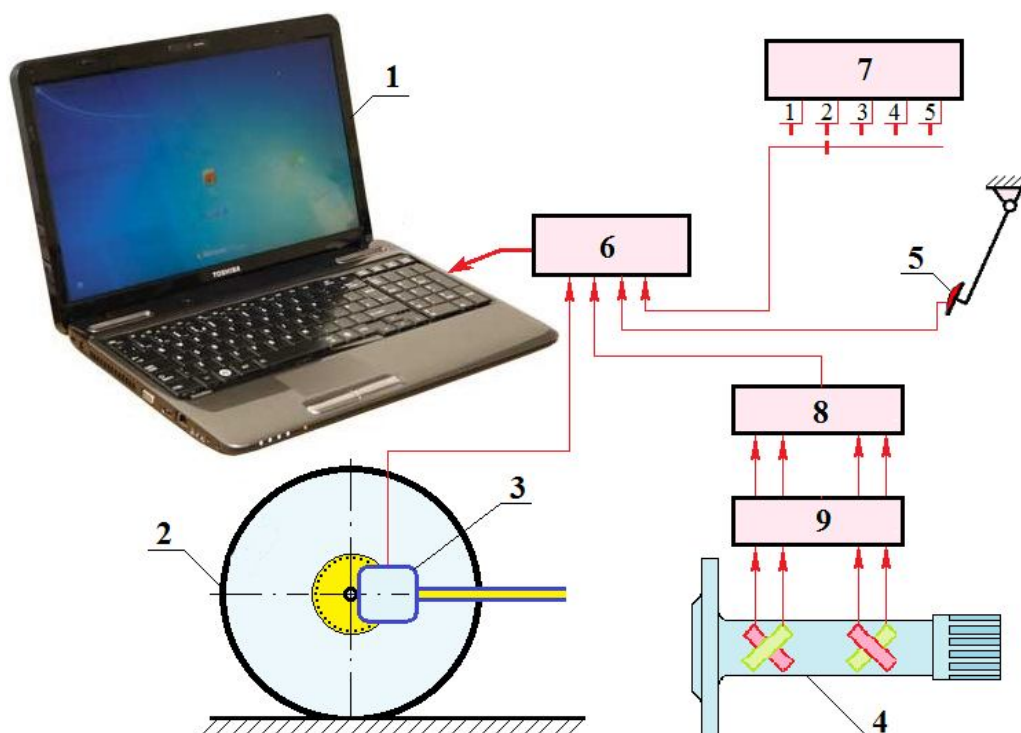


Рис.1. Функциональная схема исследовательского комплекса: 1 – компьютер Notebook; 2 – датчик «пятое колесо»; 3 – датчик оптопара с электронным формирователем сигнала; 4 – тензометрическая полуось; 5 – контактный датчик на педали управления подачей топлива; 6 – АЦП; 7 – контактный датчик выбранной передачи; 8 – тензометрический усилитель; 9 – мостовая схема

Система измерения крутящего момента на полуоси автомобиля выполнена на основе тензодатчиков, наклеенных на специально подготовленную полуось 4 с прикрепленным токосъемником (рис. 2). Представленное на рисунке 2 расположение тензодатчиков на полуоси 4 позволяет избежать влияния на измерение, изгибающего полуось момента [5].

Напряжение на тензометрическую полуось подается при помощи токосъемника (рис. 3). Сигнал измеряемого крутящего момента также снимается с токосъемника и подается на вход мостовой схемы (рис. 3, б). Затем, после усиления в тензометрическом усилителе он поступает в АЦП и далее в компьютер.

Отметку момента нажатия водителем на педаль управления подачей топлива осуществляет контактный датчик 5 (рис. 1), установленный на этой педали.

Управление работой всех измерительных систем комплекса осуществляется от компьютера на программном уровне. Управляющие сигналы подаются с выхода компьютера на вход АЦП, запуская его в режим измерения [6]. Каналы внешнего 14-разрядного АЦП работают в

дифференциальном режиме. После аналого-цифрового преобразования измеряемые сигналы в цифровом виде поступают в параллельный порт портативного компьютера, и записываются в виде файла на жесткий диск с частотой дискретизации $0,1 \div 5$ кГц (частота задается исследователем).

Разработанный и изготовленный исследовательский комплекс позволяет проводить ходовые испытания автомобилей с регистрацией показателей, характеризующих динамику их разгона. Определять скорость, крутящий момент на полуоси автомобиля, путь, время разгона, а также регистрировать эти параметры на жестком диске компьютера в виде файлов, пригодных для последующей обработки и анализа. Погрешность измерения пройденного автомобилем пути, не превышает 1,7%. Погрешность измерения крутящего момента не превышает 4,8%.

При планировании эксперимента, были определены условия его проведения (погодные, состояние дорожного полотна, загрузка автомобиля, его техническое состояние, число повторений для оценки достоверности полученных результатов) [5].

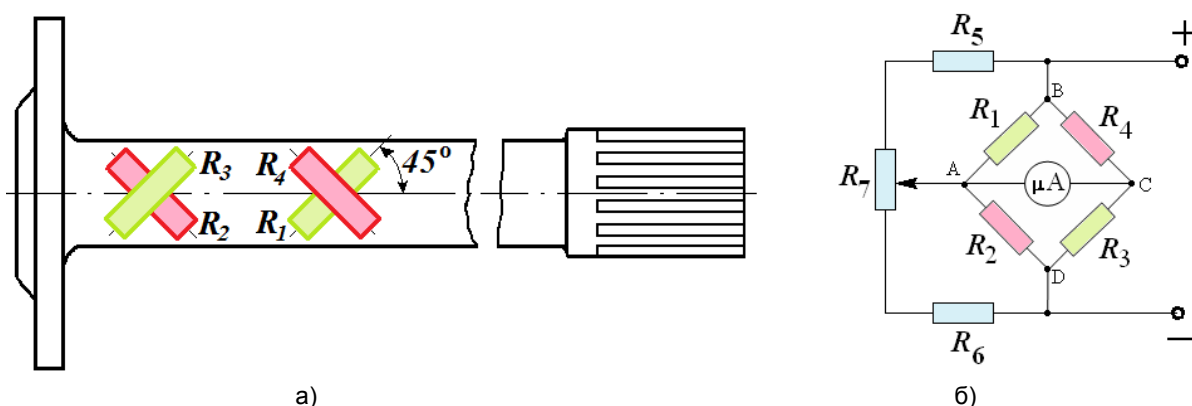


Рис. 2. Схемы наклейки тензодатчиков R_1, R_2, R_3, R_4 (фольговые тензорезисторы марки 2ФКПА-100)

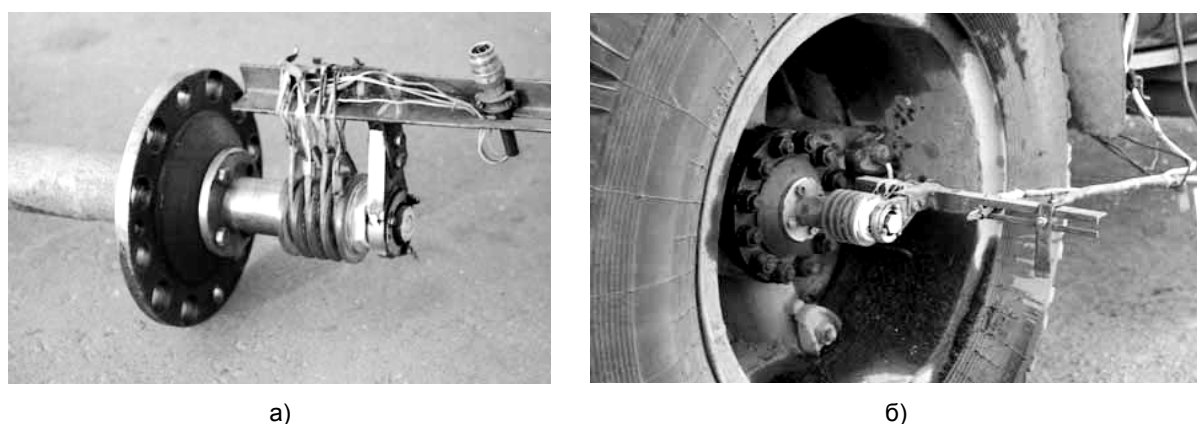


Рис. 3. Фотографии тензометрической полуоси и ведущего колеса автомобиля КамАЗ-5320 с установленной тензометрической полуосью

Испытания проводились в летний период при средней температуре воздуха 22-24°C на прямолинейном горизонтальном участке дороги с сухим асфальтобетонным покрытием в двух направлениях [7]. В ходе эксперимента, автомобиль КамАЗ-5320 снаряженной массы с исследовательским комплексом разгоняли на горизонтальном участке дороги с места при последовательном переключении передач до момента достижения скорости 70 км/ч. В качестве примера на рисунке 4 и 5 представлены графики изменения момента на полуоси автомобиля КамАЗ-5320 в процессе его разгона.

На графиках процесса разгона (рис. 4 и 5) отчетливо видны крутильные колебания в

трансмиссии автомобиля КамАЗ. С одной стороны, частота и амплитуда этих колебаний зависит от жесткости валов и моментов инерции маховых масс элементов трансмиссии (колес, маховика со сцеплением, шестерен и т.п.) [4,5,8]. Но с другой стороны, на амплитуду колебаний значительно влияют зазоры (между шестернями, в шлицевых соединениях и пр.) вызывающие соударение пар, контактирующих в этих соединениях. Таким образом, графики изменения момента на полуоси автомобилей в процессе их разгона являются широкоинформационными сигналами, несущими в себе диагностическую информацию.

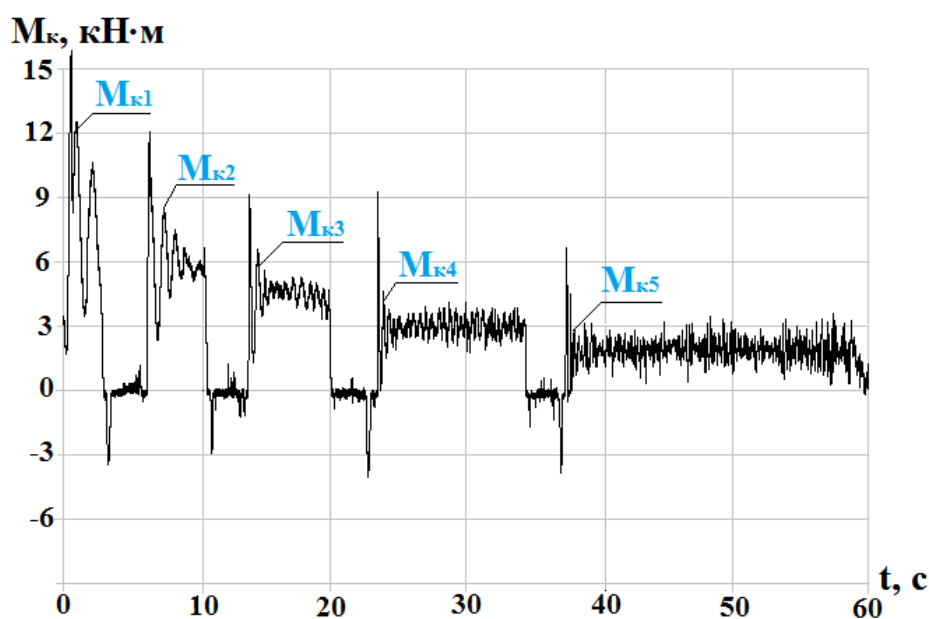


Рис. 4. График изменения момента на полуоси автомобиля КамАЗ-5320 в процессе разгона при последовательном переключении передач. Заезд №1

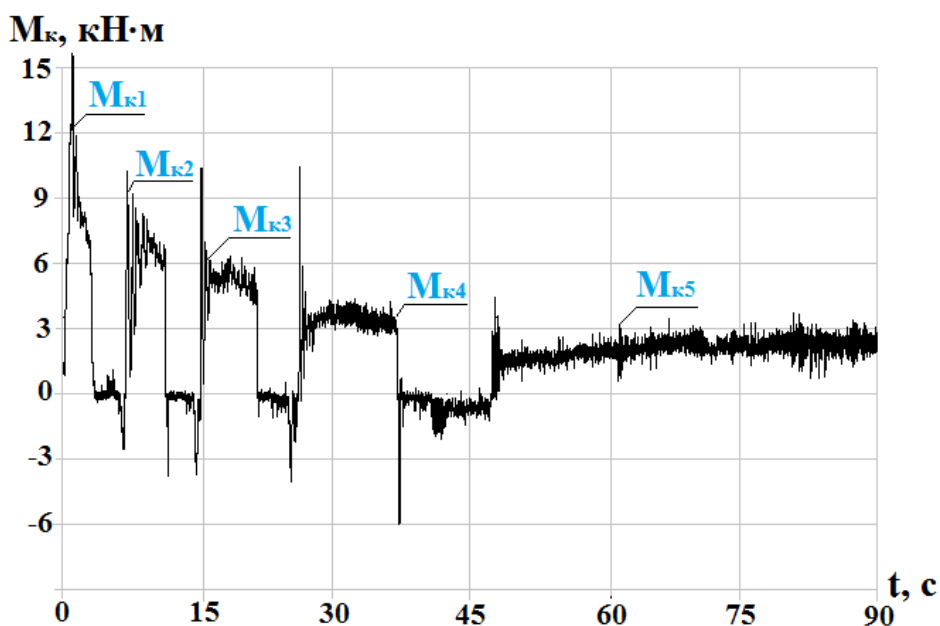


Рис.5. График изменения момента на полуоси автомобиля КамАЗ-5320 в процессе разгона при последовательном переключении передач. Заезд №2

Заключение

Результаты экспериментальной проверки комплекса показывают:

- Созданный исследовательский комплекс вполне удовлетворительно обеспечивает регистрацию крутящего момента, подведенного от трансмиссии автомобиля к его ведущим колесам, а также сопутствующих параметров процесса разгона;

- Графики изменения момента на полуоси автомобиля в процессе его разгона при

последовательном переключении передач содержат диагностическую информацию о техническом состоянии двигателя и агрегатов трансмиссии;

- Крутильные колебания, возникающие в трансмиссии при прохождении в ней крутящего момента [5,8], оказывают существенное влияние на параметры разгона автомобиля и несут в себе диагностическую информацию.

Библиографический список

1. Федотов А. И. Диагностика автомобиля: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров "Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов" / А. И. Федотов; М-во образования и науки РФ, Иркутский гос. технический ун-т. Иркутск, 2012. – 467 с.
2. Федотов, А. И. К вопросу о тестовых воздействиях на объект диагностирования / А. И. Федотов, Е. М. Портнягин // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2011. – Т. 52. № 5. – С. 95-100.
3. Загарин, Д. А. Полигонные испытания – критерий оценки надежности отечественных транспортных средств / Д. А. Загарин, А. И. Зарайский // Журнал автомобильных инженеров. – 2011. – № 3(68) – С. 10-13.
4. Теория движения автомобиля: учебник для вузов / В. П. Тарасик – СПб.: БХВ – Петербург, 2006. – 478 с.
5. Прочность и долговечность автомобиля / под ред. Б. В. Гольда. – М., Машиностроение, 1974. – 328 с.
6. Малюгин, П. Н. Методика испытаний шин на барабанном стенде с поверхностью из полимербетона / П. Н. Малюгин, К. Г. Шаршуков, С. С. Капралов // Автомобильная промышленность. – 2009. – № 3. – С. 35-36.
7. Федотов, А. И. Государственный технический осмотр. Проблемы и решения / А. И. Федотов // Автотранспортное предприятие. – 2007. – № 9. – С. 26.
8. Избранные задачи по динамике механических систем и конструкций: учебное пособие. / В. И. Щербаков, И. С. Чабунин – 3-е изд., испр. и доп. – М.: МГТУ «МАМИ», 2011. – 289 с.

COMPLEX FOR EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE ACCELERATION'S DYNAMICS

A. I. Fedotov, E. M. Portnyagin

Abstract. The article contains a description of the complex for conducting experimental studies of the acceleration process. The authors present metrological characteristics of systems of measuring automobile's speed, its passed way, as well as system for measuring a moment, led to the drive wheels. There are presented the graphs of dependencies of torsion torque led to the drive wheels.

Keywords: research complex, acceleration process, system for measuring torque, measuring uncertainty.

References

1. Fedotov A. I. *Diagnostika avtomobilja: uchebnik dlja studentov vuzov, obuchajushhhsja po napravleniju podgotovki bakalavrov i magistrov Jekspluatacija transportno-tehnologicheskikh mashin i kompleksov* [Diagnosis of the automobile. Textbook for university students majoring in "Operation of transport and technological machines and systems"]. M-vo

obrazovanija i nauki RF, Irkutskij gos. tehničeskij un-t. Irkutsk, 2012. 467 p.

2. Fedotov A. I., Portnjagin E. M. K voprosu o testovyh vozdeystvijah na obekt diagnostirovanija [To the subject of test impacts on a diagnostics' object]. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, 2011, T. 52. no 5. Pp. 95-100.

3. Zagarin D. A., Zaiskiy A. I. Poligonnye ispytaniya – kriterij ocenki nadezhnosti otechestvennyh transportnyh sredstv [Field testing - criterion of assessing reliability of domestic vehicles]. *Zhurnal avtomobil'nyh inzhenerov*, 2011, no 3(68). Pp.10-13.

4. Teorija dvizhenija avtomobilja: uchebnik dlja vuzov [Theory of the vehicle's movement: textbook for universities]. V. P. Tarasik. St. Petersburg, BHV, 2006. 478 p.

5. Prochnost' i dolgovechnost' avtomobilja [The strength and durability of the automobile]. pod red. B. V. Gol'da. Moscow, Mashinostroenie, 1974. 328 p.

6. Malugin P. N., Sharshukov K. G., Kapralov S. S. Metodika ispytanij shin na barabanom stende s poverhnost'ju iz polimerbetona [Methodology for testing tires on a roller bench with the polymer concrete's surface]. *Avtomobil'naja promyshlennost'*, 2009, no 3. Pp. 35-36.

7. Fedotov A. I. Gosudarstvennyj tehničeskij osmotr. Problemy i reshenija [State technical inspection. Problems and solutions]. *Avtotransportnoe predpriyatje*, 2007, no 9. Pp. 26.

8. Izbrannye zadachi po dinamike mehanicheskikh sistem i konstrukcij: uchebnoe posobie [Selected tasks in the dynamics of mechanical systems and structures: textbook]. V. I. Shcherbakov, I. S. Chabunin. Moscow, MGTU MAMI, 2011. 289 p.

Федотов Александр Иванович (Россия, г. Иркутск) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Автомобильный транспорт Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет (ИрГТУ). (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, дом 83, e-mail: fai@istu.edu).

Портнягин Евгений Михайлович (Россия, г. Иркутск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт», Национальный исследовательский Иркутский государственный технический университет. (664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, дом 83, e-mail: ewpo38@gmail.com).

Fedotov Aleksandr Ivanovich (Russian Federation, Irkutsk) – doctor of technical sciences, professor, head of the department "Road Transport" of National Research Irkutsk State Technical University. (664074, Irkutsk, Lermontov st., 83, e-mail: fai@istu.edu)

Portnyagin Evgeniy Mikhailovich (Russian Federation, Irkutsk) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Motor transport", Transport National Research Irkutsk State Technical University. (664074, Irkutsk, Lermontov St., house 83, e-mail: ewpo38@gmail.com)

РАЗДЕЛ II

СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

УДК 625.7

МОДИФИКАЦИЯ КРИТЕРИЕВ ПРОЧНОСТИ И УСЛОВИЙ ПЛАСТИЧНОСТИ ПРИ РАСЧЕТАХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Н. П. Александрова, А. С. Александров, В. В. Чусов
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье рассматривается влияние на прочность и пластичность материалов, накапливающихся в них повреждений. Авторами предпринята попытка модификации оригинальных критериев прочности и условий пластичности, базирующаяся на традиционном способе учета этого явления. Этот способ состоит в том, что в уравнение предельного состояния или предельной поверхности вводятся меры теории поврежденности, к которым традиционно относят сплошность Л.М. Качанова ψ и поврежденность Ю.Н. Работнова ω . Одна из этих мер содержится в функции, являющейся множителем к тензору напряжений, что позволяет преобразовать тензор неповрежденного тела в тензор напряжений поврежденного тела. В статье рассматриваются возможности такой модификации, как для достаточно простых критериев Друкера – Прагера, Ладе–Дункана, Матцуока–Накаи и Кулона–Мора, так и современных мультиповерхностных критериев для расчетов на прочность и сопротивление сдвигу соответственно.

Ключевые слова: Критерий прочности, условие пластичности, поврежденность Ю. Н. Работнова, сплошность Л. М. Качанова, критерий двойного сдвига.

Постановка научной задачи

Слои дорожных одежд из монолитных материалов традиционно рассчитываются по критерию сопротивления растяжению от изгиба, в основе которого заложена первая теория прочности. Суть этой теории сводится к тому, что разрушение возникает тогда, когда наибольшее нормальное напряжение достигает величины предела прочности. Вследствие того, что этот критерий не учитывает влияние других компонент тензора напряжений, то прочность материала оценивается неверно. Историю развития нормативных методов расчета слоев из монолитных материалов жестких дорожных одежд по этому критерию можно проследить, анализируя нормативные документы [1–3]. Из этого анализа следует, что специалистами дорожной отрасли проделана большая работа в области исследования влияния различных факторов на прочность асфальтобетона при изгибе. Так с 1983 г. [2] стали учитывать неоднородность образцов введением статистической функции и определения расчетного сопротивления растяжению при изгибе, а так же влияние

климатических факторов и воздействия повторных нагрузок, обуславливающих усталостное снижение прочности. В последнем нормативном документе [3] коэффициент усталости определяется по эмпирической формуле, описывающей результаты испытаний, выполненных с асфальтобетонами на различных битумах. Критерий прочности в нормативных документах не изменялся никогда, хотя О.Т. Батраков [4] указывал на необходимость замены первой теории прочности критерием О. Мора. Вследствие того, что главные напряжения одного знака являются удерживающими по отношению друг к другу, то критерии нормативных документов всегда недооценивали прочность асфальтобетона при расчете на растяжение от изгиба. ВСН 46-83 регламентировал расчет асфальтобетонных покрытий по сопротивлению сдвигу, но еще в период действия этого нормативного документа такой расчет был отменен. В настоящее время на покрытиях дорог обнаруживается колея, которая зачастую сопровождается выпорами, что явно свидетельствует о сдвиге асфальтобетона в покрытии. Вследствие этого

критерий расчета покрытий по сопротивлению сдвигу необходимо возродить, но в его основу необходимо закладывать современное условие пластичности.

В связи с выполненным анализом нормативных документов задачами публикациями является совершенствование критерия прочности и условия пластичности, заключающееся в учете динамики накопления повреждений в структуре материала.

Состояние вопроса

В механике используется два фундаментальных представления о теории поврежденности и ее мерах [5, с.14]. Оба направления получили широкое распространение при оценке напряженно деформированного состояния (НДС) материалов, определения их прочности и начала пластичности или течения. В соответствии с первым направлением под мерой теории поврежденности понимают отношение числа нагрузок, приложенных к материалу, к его долговечности, представляющей собой число таких же нагрузок, которое материал должен выдержать до разрушения при заданной величине циклического напряжения [5]. Мера поврежденности определяется по формуле Пальмгрена – Майнера

$$D = \frac{n}{N(\sigma)}, \quad (1)$$

где n и $N(\sigma)$ – приложенное число нагрузок и его предельное значение, которое выдерживает материал при данном циклическом напряжении σ .

Гипотезу усталостного разрушения, положенную в основу методов этого направления сформулировал Пальмгрен и дал ее простое математическое представление. Словами гипотеза линейного усталостного разрушения формулируется в виде: «Разрушение материала наступает тогда, когда сумма повреждений от различных по величине амплитуд напряжений становится равной единице». В математическом виде гипотезу записывают уравнением

$$\sum_{i=1}^n D_i = \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N(\sigma)_i} = 1, \quad (2)$$

где i и n – номер и общее количество значений (амплитуд) напряжений.

Дальнейшее развитие этого направления привело к появлению работ, в которых предложены:

1. Нелинейные законы суммирования поврежденностей.

2. Сложные функции для определения меры D , зависящей как от отношения $n/N(\sigma)$, так и от величины амплитуды напряжения, параметров материала и ряда других факторов.

Это направление теории поврежденности было востребовано специалистами дорожной отрасли [6, 7]. Е. В. Углова применила принцип линейного суммирования повреждений для учета кинетики их накопления в процессе эксплуатации асфальтобетонного покрытия [6, с. 28]

$$D = \frac{\sum n_{t(\text{расч})}}{N_{t(\text{расч})}}, \quad (3)$$

где $n_{t(\text{расч})}$ – фактическое количество приложений нагрузок в течение периода t ; $N_{t(\text{расч})}$ – допустимое количество приложений нагрузок при напряжениях цикла σ .

Допустимое количество приложений нагрузок при различных условиях нагружения асфальтобетонного покрытия рассчитывается по формуле [6, с. 28]

$$N_{t(\text{расч})} = \left(\frac{R_{\text{изг}}}{\sigma_t} \right)^n, \quad (4)$$

где $R_{\text{изг}}$ – предел прочности на растяжение от изгиба, Па; σ_t – растягивающее напряжение при изгтбе, Па; n – показатель усталости.

Зависимость (4) может быть представлена в виде критерия прочности

$$\sigma_t \cdot \sqrt[n]{N_{t(\text{расч})}} \leq R_{\text{изг}} \quad \text{или} \quad \sigma_t \leq \frac{R_{\text{изг}}}{\sqrt[n]{N_{t(\text{расч})}}}. \quad (5)$$

По сути, зависимость (5) является первой теорией прочности, учитывающей влияние числа повторных нагрузок, но игнорирующей влияние других компонент тензора напряжений на условия разрушения материала. Влияние поврежденности состоит либо в снижении прочности, либо, наоборот, в увеличении напряжения.

Другим направлением учета снижения сплошности материала является применение мер Л. М. Качанова и Ю. Н. Работнова. В соответствии с предложением Л. М. Качанова постоянные материала характеризуется параметром ψ , называемым сплошностью [8, 9] и определяемый отношением напряжений в сплошном σ и поврежденном материале σ_s , а именно, $\psi = \sigma / \sigma_s$ ($\sigma_s \geq \sigma$) [5]. Для неповрежденной среды $\psi = 1$, а для материала с дефектами структуры параметр $\psi < 1$ и убывает по мере накопления несплошностей

[9]. Кинетика поврежденности по Л. М. Качанову и рост напряжения описывается степенным уравнением, включающим помимо сплошности еще два параметра [8, 9]. Ю. Н. Работнов в качестве меры предложил параметр, называемый поврежденность ω [10]. Под поврежденностью ω следует понимать суммарную площадь дефектов, выраженную в долях от геометрической площади целого неразрушенного сечения. Ю. Н. Работнов пишет [10, с. 675]: «Если геометрическая площадь поперечного сечения есть F , то эффективная площадь, воспринимающая нагрузку, есть $F \cdot (1-\omega)$ ». Вследствие этого истинное напряжение определяется отношением нагрузки N , воспринимаемой сечением к эффективной площади $F \cdot (1-\omega)$. Отношение нагрузки N к геометрической площади сечения F определяет величину напряжения σ в сплошном сечении. Поэтому зависимость истинных напряжений, возникающих в поврежденном сечении σ_s , по Ю. Н. Работнову определяется уравнением $\sigma_s = \sigma / (1-\omega)$ [10, с. 675]. Если эту зависимость, подставить в уравнение Л. М. Качанова, определяющего сплошность ψ , то получим

$$\psi = \sigma \cdot \frac{1-\omega}{\sigma} = 1-\omega. \quad (6)$$

Из (6) следует:

$$\omega = 1-\psi. \quad (7)$$

Уравнения (6) и (7) выражают собой взаимосвязь между двумя параметрами теории поврежденности сплошностью ψ по Л. М. Качанову и поврежденностью ω по Ю. Н. Работнову. Эти зависимости являются фундаментальными и применяются в уравнениях, описывающих кинетику, накопления повреждений материалом [8, 9]. Как следствие из (6) или (7) можно получить:

$$\omega + \psi = 1. \quad (8)$$

Из (8) следует отличие параметров сплошности и поврежденности друг от друга, состоящее в том, что каждый из них характеризует суммарную относительную площадь, занятую дефектами (это поврежденность ω), и – без дефектов (это сплошность ψ). Сумма этих параметров (8) равна единице, то есть сумма этих мер есть не что иное, как геометрическая площадь сечения, выраженная как единица.

Определение поврежденности выполняет отношением различных физических и механических характеристик материала в поврежденном и неповрежденном образце [11, 12]. К таким характеристикам относят размеры дефектов, модули Юнга и упругости материала, пористость, плотность и т.п.

Меры теории поврежденности включают в критерии прочности таким образом, что характеристики напряженного состояния увеличиваются по мере уменьшения сплошности. Такие критерии приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Критерии, включающие меры теории поврежденности

Авторы	Математическое представление критерия
1	2
1. Критерий Ю. Н. Работнова [9]	$\frac{\sigma_1}{1-\omega} - \sigma_3 = R_t,$ где R_t – временная прочность, Па.
2. Критерий Милейко – Работнова [9]	$\frac{1}{1-\omega} \cdot \frac{\sigma_1 + \sigma_{II}}{2} = R_t.$
3. Критерий Шима-Ояане [13]	$\frac{3 \cdot J_2}{\sigma_{Tm}^2} + a \cdot n^b \cdot \left(\frac{I_1}{3 \cdot \sigma_{Tm}} \right)^2 - (1-n)^5 = 0,$ где a и b – параметры материала; σ_{Tm} – предел текучести материала с нулевой пористостью (непористого материала); n – пористость.
4. Критерий Гюрсона [14]	$\frac{3 \cdot J_2}{\sigma_{Tm}^2} + 2 \cdot n \cdot \cosh \left(\frac{I_1}{2 \cdot \sigma_{Tm}} \right) - (1+n)^2 = 0.$
5. Критерий Твергаарда [15, 16]	$\frac{3 \cdot J_2}{\sigma_{Tm}^2} + 2 \cdot a \cdot n \cdot \cosh \left(\frac{b \cdot I_1}{2 \cdot \sigma_{Tm}} \right) - (1+(a \cdot n)^2) = 0.$

Продолжение Таблицы 1

6. Критерий Лии–Оюнга [17]	$3 \cdot J_2 + 0,25 \cdot n \cdot I_1^2 + (1-n) \cdot (R_{c0} - R_{p0}) \cdot (-I_1) = R_{c0} \cdot R_{p0} \cdot (1-n)^2,$ где R_{c0} и R_{p0} – прочность на одноосное сжатие и растяжение эквивалентного непористого (неповрежденного) материала.
7. Критерий Софрониса [18]	$2 \cdot J_2 \cdot \cos \Theta = \left(\frac{1+n}{1-n} \right)^{\frac{-m}{1+m}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{m \cdot n}{1 - \sqrt{m/n}} \right)^{\frac{2}{1+m}} \cdot \left(\frac{I_1}{2 \cdot m} \right)^2},$ где m – параметр материала
8. Критерий Г. Г. Литвинского [19]	$\tau_{nt} = \tau_0 \cdot \psi \cdot \left(\frac{\sigma_n}{\sigma_0 \cdot \psi} + 1 \right)^{a \cdot \psi}.$

Из анализа критериев таблицы 2 следует, что критерии поврежденных тел разработаны для пористых металлов, вследствие чего могут оказаться неприменимы к дорожно-строительным материалам. Поэтому учет влияния несплошностей в структуре материала на его пластичность и прочность необходимо выполнять, модифицируя критерии, созданные для реальных материалов, но базирующихся на гипотезе об их сплошном строении.

Критерии прочности и пластичности с мерами теории поврежденности

Компоненты тензора поврежденного тела $\sigma_{ij\omega}$ и сплошного тела σ_{ij} связаны зависимостью:

$$\sigma_{ij\omega} = \frac{\sigma_{ij}}{1-\omega} = \frac{\sigma_{ij}}{\psi}. \quad (9)$$

Формулы для расчета характеристик напряженного состояния поврежденного тела приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики напряженного состояния поврежденного тела

Наименование характеристики	Формула
1	2
Главные напряжения $\sigma_{1\omega}, \sigma_{2\omega}, \sigma_{3\omega}$	$\sigma_{1\omega} = \frac{\sigma_1}{1-\omega} = \frac{\sigma_1}{\psi}; \quad \sigma_{2\omega} = \frac{\sigma_2}{1-\omega} = \frac{\sigma_2}{\psi}; \quad \sigma_{3\omega} = \frac{\sigma_3}{1-\omega} = \frac{\sigma_3}{\psi},$ где σ_1, σ_2 и σ_3 – главные напряжения в неповрежденном теле
Максимальные касательные напряжения $\tau_{max\omega}$	$\tau_{max\omega} = \frac{\tau_{max}}{1-\omega} = \frac{\tau_{max}}{\psi}; \quad \tau_{max\omega} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2 \cdot (1-\omega)} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2 \cdot \psi}$
Октаэдрическое нормальное напряжение $\sigma_{окт\omega}$ и касательное $\tau_{окт\omega}$ напряжения	$\sigma_{окт\omega} = \frac{\sigma_{окт}}{1-\omega} = \frac{\sigma_{окт}}{\psi}; \quad \tau_{окт\omega} = \frac{\tau_{окт}}{1-\omega} = \frac{\tau_{окт}}{\psi}$
Интенсивность нормальных $\sigma_{и\omega}$ и касательных $\tau_{и\omega}$ напряжений	$\sigma_{и\omega} = \frac{\sigma_{и}}{1-\omega} = \frac{\sigma_{и}}{\psi}; \quad \tau_{и\omega} = \frac{\tau_{и}}{1-\omega} = \frac{\tau_{и}}{\psi}.$
Инварианты тензора напряжений (первый $I_{1\omega}$, второй $I_{2\omega}$ и третий $I_{3\omega}$)	$I_{1\omega} = \frac{I_1}{1-\omega} = \frac{I_1}{\psi}; \quad I_{2\omega} = \frac{I_2}{(1-\omega)^2} = \frac{I_2}{\psi^2}; \quad I_{3\omega} = \frac{I_3}{(1-\omega)^3} = \frac{I_3}{\psi^3}.$
Второй инвариант девиатора напряжений	$J_{2\omega} = \frac{1}{(1-\omega)^2} \cdot \left(I_2 - \frac{1}{3} \cdot I_1^2 \right) = \frac{1}{\psi^2} \cdot \left(I_2 - \frac{1}{3} \cdot I_1^2 \right),$
Третий инвариант девиатора напряжений	$J_{3\omega} = \frac{1}{(1-\omega)^3} \cdot \left(I_3 - \frac{1}{3} \cdot I_1 \cdot I_2 + \frac{2}{27} \cdot I_1^3 \right) =$ $= \frac{1}{\psi^3} \cdot \left(I_3 - \frac{1}{3} \cdot I_1 \cdot I_2 + \frac{2}{27} \cdot I_1^3 \right).$

Подставляя характеристики напряженного состояния поврежденного тела, определяемые в соответствии с формулами таблицы 2, в критерии прочности и условия

пластичности сплошных несложно выполнить их модификацию. Например, критерий Кулона – Мора примет вид:

При расчете на прочность [20]

$$\left(\sigma_1 - \frac{R_p}{R_c} \cdot \sigma_3\right) \cdot \frac{1}{1-\omega} = R_p \text{ или}$$

$$\left(\sigma_1 - \frac{R_p}{R_c} \cdot \sigma_3\right) \cdot \frac{1}{\psi} = R_p. \quad (10)$$

При расчете на сопротивление сдвигу

$$\left(\frac{1}{\cos\varphi} \cdot \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} - \operatorname{tg}\varphi \cdot \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}\right) \cdot \frac{1}{1-\omega} = c. \quad (11)$$

Аналогичным образом, модифицируются и другие критерии, включающие в себя параметры прочности или сдвиговые характеристики. Поверхности критерии Друкера – Прагера [21], Ладе [22], Ладе – Дункана [23], Матцуока – Накаи [24] в модифицированном виде описываются уравнениями:

$$\sqrt{J_{2\omega}} - a \cdot I_{1\omega} - k = 0;$$

$$\frac{1}{(1-\omega)} \cdot \sqrt{\left(I_2 - \frac{1}{3} \cdot I_1^2\right)} - a \cdot \frac{I_1}{1-\omega} - k = 0, \quad (12)$$

где a и k – параметры прочности, связанные с параметрами условия Кулона–Мора

$$\left(\frac{I_1^3}{I_3} - 27\right) \cdot \left(\frac{I_3}{(1-\omega)^3 \cdot p_{\text{атм}}}\right)^m - k_{L-D} = 0, \quad (13)$$

где k_{L-D} – безразмерный параметр прочности грунта, связанный с углом внутреннего трения [22, 23]

$$\frac{I_1^3}{(1-\omega)^3} - k_{L-D} \cdot \frac{I_3}{(1-\omega)^3} = 0. \quad (14)$$

$$\frac{I_1}{1-\omega} \cdot \frac{I_2}{(1-\omega)^2} - k_{M-N} \cdot \frac{I_3}{(1-\omega)^3} = 0, \quad (15)$$

где k_{M-N} – безразмерный параметр прочности грунта, связанный с углом внутреннего трения.

Из анализа (14) и (15) следует, что после преобразований функция, включающая в себя меру Ю.Н. Работнова, сокращается, вследствие чего поврежденность материала в этих критериях учесть нельзя. Поэтому из традиционных сдвиговых критериев прочности модификации подлежат критерии Кулона – Мора, Друкера–Прагера, П. В. Ладе и ряд критериев, рассматривающих предельное состояние на октаэдрических площадках, которым относят условия пластичности А. И. Боткина, Мизеса–Шлейхера–Боткина, М. Ameri-Gaznon и D.N. Little, а также критерии, являющиеся

аппроксимацией предельной кривой к кругам Мора различными функциями. Для модификации критериев Ладе – Дункана и Матцуока – Накаи необходимо рассматривать их мультиповерхностные аналоги. Мультиповерхностные критерии содержат функцию угла Лоде [25] и параметр материала, который является либо функцией пределов прочности на растяжение и сжатие либо функцией сдвиговых характеристик, например угла внутреннего трения.

Для неповрежденного и поврежденного тела угол Лоде определяется по формулам:

$$\Theta_{\sigma} = \frac{1}{3} \cdot \sin^{-1} \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot J_3}{2 \cdot \sqrt{J_2^3}};$$

$$\Theta_{\sigma\omega} = \frac{1}{3} \cdot \sin^{-1} \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot J_{3\omega}}{2 \cdot \sqrt{J_{2\omega}^3}}. \quad (16)$$

Модифицируя мультиповерхностные критерии Ладе – Дункана и Матцуока – Накаи, полученные Дж. Бардетом [26], запишем их в виде уравнений:

$$\frac{2 \cdot \sqrt{3}}{3} \cdot \left(\frac{1}{1-\omega} \cdot \frac{I_2}{I_1}\right)^3 \cdot \sin(3 \cdot \Theta_{\sigma\omega}) - \left(\frac{1}{1-\omega} \cdot \frac{I_2}{I_1}\right)^2 = \frac{3}{k_{L-D}} - \frac{1}{9}. \quad (17)$$

$$\frac{2 \cdot \sqrt{3}}{3} \cdot \left(\frac{1}{1-\omega} \cdot \frac{I_2}{I_1}\right)^3 \cdot \sin 3 \cdot \Theta_{\sigma\omega} - \left(1 - \frac{3}{k_{M-N}}\right) \cdot \left(\frac{1}{1-\omega} \cdot \frac{I_2}{I_1}\right)^2 = \frac{3}{k_{L-D}} - \frac{1}{9}. \quad (18)$$

Критерии (17) и (18) позволяют рассчитывать материалы, в том числе и монолитные на сопротивление сдвигу. Так как угол Лоде характеризует вид напряженного состояния, то эти критерии применимы как для чистого сдвига, так и трехосного растяжения и сжатия. Вследствие этого эти критерии можно применять для расчета асфальтобетонного покрытия на сопротивление сдвигу при различных напряженных состояниях:

- двухосное сжатие или растяжение при изгибе тонких плит;
- трехосное сжатие или растяжение при изгибе толстых плит;
- трехосное сжатие по всей толщине асфальтобетонного покрытия (здесь авторами подразумевается потеря асфальтобетоном способности работать на изгиб при существенном увеличении температуры материала в слое).

Используя оригинальный мультиповерхностной критерий Мао-Хонга Ю [27, 28] и выполняя его модификацию предлагаемым способом, можно получить более простой критерий поврежденного тела, представленный в таблице 3.

Таблица 3 – Модифицированный критерий Ю Мао-Хонга

Диапазон варьирования напряжения σ_2	Уравнение предельного состояния
$\sigma_2 \leq \frac{\sigma_1 + k_M \cdot \sigma_3}{1 + k_M}$	$\frac{1}{1-\omega} \cdot \left(\sigma_1 - \frac{k_M \cdot (b \cdot \sigma_2 + \sigma_3)}{1-b} \right) = R_p; k_M = \frac{R_p}{R_c}; b = \frac{R_p \cdot \tau_{np}}{(R_p - \tau_{np})} \cdot R_c.$
$\sigma_2 \geq \frac{\sigma_1 + k_M \cdot \sigma_3}{1 + k_M}$	$\frac{1}{1-\omega} \cdot \left(\frac{\sigma_1 + b \cdot \sigma_2}{1+b} - k_M \cdot \sigma_3 \right) = R_p$

Для определения мер теории поврежденности используют соотношения различных показателей физических и механических характеристик сплошных и поврежденных материалов. Результаты исследований, выполненных в этом направлении, освещены в работах Н.И. Карпенко [11], Д. Леметра [12], Дж. Шена [29]. Поэтому определение поврежденности ω и сплошности ψ не вызывает затруднений. Авторами в работе [20] приведена эмпирическая формула, позволяющая рассчитывать поврежденность плотного и пористого асфальтобетона на битумах марок БНД 90/130, БНД 130/200 и БНД 200/300 при работе этого материала в тонкой плите на изгиб. Безусловно, что эта формула, описывающая процесс накопления повреждений охватывает далеко не все напряженные состояния, а так же не все виды асфальтобетонов. Тем не менее эта зависимость позволяет рассматривать традиционный изгиб асфальтобетонной тонкой плиты и рассчитывать величину поврежденности в любом из предлагаемых критериев прочности и условий пластичности.

Заключение

В заключение целесообразно дать рекомендации по применению материалов статьи и дальнейших путях развития исследования.

1. В статье предложен способ модификации критериев прочности и условий пластичности материалов, заключающийся в подстановке в уравнения предельного состояния характеристик напряженного состояния поврежденного тела вместо своих аналогов сплошной среды. В этих критериях сохраняется физический смысл теории Качанова – Работного в соответствии с которым увеличение поврежденности материала или уменьшение его сплошности приводит к росту компонент тензора напряжений, а, следовательно, и всех других характеристик напряженного состояния. Предложенные критерии и условия могут быть применены, как для расчетов на

растяжение от изгиба, так и сопротивление сдвигу.

2. Известные решения механики сплошной среды позволяют рассчитывать величину главных напряжений при различных напряженных состояниях, что позволяет достаточно оперативно ввести в действие предлагаемые критерии прочности и условия пластичности поврежденных тел.

3. Современное лабораторное оборудование позволяет определять кинетику накопления материалом повреждений при сложном напряженном состоянии. В результате появляется возможность разработки математических моделей, описывающих зависимости поврежденности ω и сплошности ψ тела от величины главных напряжений и числа нагрузок. Постановку таких экспериментов и подбор эмпирических формул, описывающих их результаты, авторы считают задачей своих дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. ВСН 46-72. М.: Транспорт, 1973. – 110 с.
2. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. ВСН 46-83. М.: Транспорт, 1985. – 157 с.
3. Проектирование нежестких дорожных одежд. ОДН 218.046-01. М.: Информавтодор, 2001. – 145 с.
4. Батраков О.Т. Усиление нежестких дорожных одежд / О.Т. Батраков. – М.: Транспорт, 1985. – 144 с.
5. Сосновский, Л. Концепции поврежденности материалов / Л. Сосновский, С. Щербаков. // Вестник ТНТУ. – 2011. – Спецвыпуск – часть 1. – С.14-23.
6. Углова, Е. В. Теоретические и методологические основы оценки остаточного усталостного ресурса асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог // Автореф. ... д-ра техн. наук. – Волгоград: ВолГАСУ, 2009. – 38 с.
7. Смирнов, А. В. Механика устойчивости и разрушения дорожных конструкций / А. В. Смирнов, А. А. Малышев, Ю. А. Агалаков – Омск: СибАДИ, 1997. – 91с.

8. Kachanov L. M. Introduction to continuum damage mechanics. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers: Netherlands, 1986. – 136 p.
9. Качанов, Л. М. Основы механики разрушения / Л. М. Качанов. – М.: Наука, 1974. – 312 с.
10. Работнов, Ю. Н. Механика деформируемого твердого тела / Ю. Н. Работнов. – М.: Наука, 1979. – 744 с.
11. Карпенко, Н. И. Общие модели механики железобетона / Н. И. Карпенко – М.: Стройиздат, 1996. – 416 с.
12. Lemaitre J. A Course on Damage Mechanics // Jane Lamaitre, Rodrigue Desmorat. – Verlag Berlin Heidelberg: Springer, 2005. – 380 p.
13. Shima S., Oyane M. Plasticity theory for porous metals. // International Journal of Mechanical Sciences. – 1976. Vol. 18. pp. 285 – 291.
14. Gurson A. L. Continuum theory of ductile rupture by void nucleation and growth; I. Yield criteria and flow rules for porous ductile media. // J. Eng. Materials Technol., 1977. no 99. no 1. – pp. 2-15.
15. Tvergaard, V. Influence of voids on shear band instabilities under plane strain conditions. // Int. J. Fracture. – 1981. Vol. 17. – pp. 389-407.
16. Tvergaard V., Needleman A. Analysis of the cup-cone fracture in a round tensile bar. 1984. // Acta Metall. Vol. 32. – pp. 157-169.
17. Lee J. H., Oung J. Yield functions and flow rules for porous pressure-dependent strain-hardening polymeric materials. // J. Appl. Mech. 2000. Vol. 67. № 2. – pp. 288-297.
18. Sofronis P., McMeeking R.M. Creep of power-law material containing spherical voids. // J. Appl. Mech. 1992. Vol. 59. № 2 – pp. 88-95.
19. Литвинский, Г. Г. Аналитическая теория прочности горных пород и массивов: монография / Г. Г. Литвинский. – Донецк: Норд-Пресс, 2008. – 207 с.
20. Александрова, Н. П. Проверка толщины монолитных слоев покрытий по модифицированному критерию Кулона – Мора, учитывающему микроповреждения структуры / Н. П. Александрова и др. // В кн. Стандарт организации. Расчет дорожных одежд нежесткого типа дорог газовых промыслов Ямало-Ненецкого автономного округа по критериям прочности. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2014. – С. 49 – 51.
21. Drucker D. C., Prager W. Soil mechanics and plastic analysis of limit design. Quarterly of applied mechanics. 1952. Vol. 10. no 2. pp. 157 – 165.
22. Lade P. V. Elastic-plastic stress-strain theory for cohesionless soil with curved yield surfaces. // Int. J. Solids Struct. 1977. Vol. 13. pp. 1019-1035.
23. Lade P. V., Duncan J. M. Elastoplastic stress-strain theory for cohesionless soil / Journal. Geotechnical Engineering Division, ASCE. – Vol. 101. – No. 10. – 1975. – P. 1037-1053.
24. Matsuoka H., Nakai T. Stress-deformation and strength characteristics soil under three different principal stresses // Proceedings Japanese Society Civil Engineering. – 1974. – Vol. 232. – pp. 59 – 70.
25. Lode W. Versuche über des Einfluss der mitt leren Hauptspannung auf das Fließen der Metalle, Eisen, Kuper und Nickel. Z. Phys., 1926. Vol. 36 – pp. 913-939.
26. Bardet J. P. Lode dependences for isotropic pressure-sensitive elastoplastic materials //Journal of applied mechanics. 1990. – Vol. 57. – pp. 498 – 506.
27. Yu Mao-hong. Twin shear stress yield criterion // J. Int J Mechanical Science. – 1983. Vol. 25(1). – Pp. 71–74.
28. Yu Mao-Hong. Advances in strength theories for materials under complex stress state in the 20th century // J. Appl Mech Rev. – 2002. Vol. 55. – pp. 169–218.
29. Shen J. at all. Material damage evaluation with measured microdefects and multiresolution numerical analysis. //International Journal of Damage Mechanics. 2014, Vol. 23(4) pp. 537–566.

MODIFICATION OF STRENGTH CRITERIA AND PLASTICITY'S CONDITIONS IN CALCULATION OF PAVEMENTS

N. P. Alexandrova, A. S. Aleksandrov, V. V. Chusov

Abstract. The article dwells upon the impact of accumulative damages on strength and plasticity of materials. The authors have attempted to modify the original criteria of strength and plasticity's conditions, based on a conventional method of accounting this phenomenon. This method consists in introduction of measures of damage's theory, to which the ψ continuity of L.M. Kachanov and ω damage of Y.N. Rabotnov are traditionally referred in the limiting state equation. One of these measures is contained in a function, which is a multiplier to a stress tensor, that allows to convert the tensor of the undamaged solid into the stress tensor of the damaged solid. There are considered opportunities of such modification, both for simple criteria of Drucker - Prager, Lade-Duncan, Matsuoka-Nakai, Mohr-Coulomb and modern multi-surface criteria for the calculation of strength and shear strength, respectively.

Keywords: strength criterion, plasticity's condition, damage of Y. N. Rabotnov, continuity of L. M. Kachanov, double shear criterion.

References

1. Instructions for designing pavements nonrigid type. VSN 46-72. Moscow, Transport, 1973. 110 p.
2. Instructions for designing pavements nonrigid type. VSN 46-83. Moscow, Transport, 1985. 157 p.
3. Design of nonrigid pavements. ODN 218.046-01. Moscow, Informavtodor, 2001. 145 p.
4. Batrakov O. T. *Usilenie nezhestkih dorozhnyh odezhd* [Strengthening of nonrigid pavements]. Moscow, Transport, 1985. 144 p.
5. Sosnovskiy L., Shcherbakov S. *Koncepcii povrezhdennosti materialov* [Concept of materials' damage]. *Vestnik TNTU*, 2011. pp.14-23.
6. Uglova E. V. [Theoretical and methodological basics of retained fatigue resource's evaluation of asphalt concrete road pavements]. Volgograd: VolGASU, 2009. 38 p.
7. Smirnov A. V., Malyshev A., Agalakov Y. A. *Mehanika ustojchivosti i razrusheniya dorozhnyh konstrukcij* [Stability and destruction's mechanics of road constructions]. Omsk: SibADI, 1997. 91 p.

8. Kachanov L. M. Introduction to continuum damage mechanics. Dordrecht: Martinus Nijhoff Publishers: Netherlands, 1986. 136 p.
9. Kachanov L. M. *Osnovy mehaniki razrushenija* [Basics of destruction mechanics]. Moscow, Science, 1974. 312 p.
10. Rabatnov Y. N. *Mehanika deformiruemogo tverdogo tela* [Mechanics of a deformable solid]. Moscow, Nayka, 1979. 744 p.
11. Karpenko N. I. *Obshhie modeli mehaniki zhelezobetona* [General models of reinforced concrete mechanics]. Moscow, Stroyizdat, 1996. 416 p.
12. Lemaitre J. A Course on Damage Mechanics // Jane Lamaitre, Rodrigue Desmorat. Verlag Berlin Heidelberg: Springer, 2005. 380 p.
13. Shima S., Oyane M. Plasticity theory for porous metals. // International Journal of Mechanical Sciences. – 1976. no 18. pp. 285 – 291.
14. Gurson A. L. Continuum theory of ductile rupture by void nucleation and growth; I. Yield criteria and flow rules for porous ductile media. J. Eng. Materials Technol., 1977. Vol. 99. no 1. pp. 2-15.
15. Tvergaard V. Influence of voids on shear band instabilities under plane strain conditions. Int. J. Fracture. 1981. Vol. 17. pp. 389-407.
16. Tvergaard V., Needleman A. Analysis of the cup-cone fracture in a round tensile bar. 1984. // Acta Metall. Vol. 32. – pp. 157-169.
17. Lee J. H., Oung J. Yield functions and flow rules for porous pressure-dependent strain-hardening polymeric materials. J. Appl. Mech. 2000. no. 67. no 2. pp. 288-297.
18. Sofronis P., McMeeking R. M. Creep of power-law material containing spherical voids. J. Appl. Mech. 1992. Vol. 59. no 2. pp. 88-95.
19. Litvinsky G. G. *Analiticheskaja teorija prochnosti gornyh porod i massivov* [Analytical theory of rock strength]. Donetsk: Nord-Press, 2008. 207 p.
20. Alexandrova N. P. *Proverka tolshhiny monolitnyh sloev pokrytij po modifitsirovannomu kriteriju Kulona – Mora, uchityvajushhemu mikropovrezhdenija struktury* [The check of coverings' solid layers thickness on modified criterion of Mohr–Coulomb, taking into account the structure's microdamage] In. Standard Organization. The calculation of nonrigid pavements of the Yamal-Nenets Autonomous Area's roads on strength criteria. Omsk: SibADI, 2014. pp. 49 - 51.
21. Drucker D. C., Prager W. Soil mechanics and plastic analysis of limit design. Quarterly of applied mechanics. 1952. no 10. No 2. pp. 157 – 165.
22. Lade P.V. Elastic-plastic stress-strain theory for cohesionless soil with curved yield surfaces. Int. J. Solids Struct. 1977. no 13. pp. 1019-1035.
23. Lade P. V., Duncan J. M. Elastoplastic stress-strain theory for cohesionless soil / Journal. Geotechnical Engineering Division, ASCE. Vol. 101. no. 10. 1975. p. 1037-1053.
24. Matsuoka H., Nakai T. Stress-deformation and strength characteristics soil under three different principal stresses. Proceedings Japanese Society Civil Engineering. 1974. Vol. 232. pp. 59 – 70.
25. Lode W. Versuche über des Einfluss der mitt leren Hauptspannung auf das Fliesen der Metalle, Eisen, Kuper und Nickel. Z. Phys., 1926. no 36. pp. 913-939.
26. Bardet J.P. Lode dependences for isotropic pressure-sensitive elastoplastic materials //Journal of applied mechanics. 1990. Vol. 57. pp. 498 – 506.
27. Yu Mao-hong. Twin shear stress yield criterion. J. Int J Mechanical Science. 1983. no 25(1). pp. 71–74.
28. Yu Mao-Hong. Advances in strength theories for materials under complex stress state in the 20th century. J. Appl Mech Rev. 2002. No 55. pp. 169–218.
29. Shen J. at all. Material damage evaluation with measured microdefects and multiresolution numerical analysis. International Journal of Damage Mechanics. 2014, no 23(4) pp. 537–566.
- Александрова Наталья Павловна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: aleksandrov00@mail.ru)*
- Александров Анатолий Сергеевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, профессор ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Основное направление научных исследований – механика дорожных конструкций. (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: aleksandrov00@mail.ru)*
- Чусов Василий Владимирович (Россия, г. Омск) – аспирант кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: chysow@gmail.com)*
- Alexandrova Natalia Pavlovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor of the Siberian State Automobile and Highway Academy. (644080, Omsk, Mira ave., 5, e-mail: aleksandrov00@mail.ru)*
- Aleksandrov Anatolij Sergeevich (Russian Federation, Omsk) - candidate of technical sciences, associate professor of the Siberian State Automobile and Highway Academy. (644080, Omsk, Mira ave., 5, e-mail: aleksandrov00@mail.ru)*
- Chusov Vasily Vladimirovich - graduate student of the department "Construction and maintenance of roads" of the Siberian State Automobile and Highway Academy. (644080, Omsk, Mira ave., 5, e-mail: chysow@gmail.com)*

УДК 691.618.93

«ДИАТОМИК» - НОВЫЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ КРИОЛИТОЗОНЫ

Е. А. Коротков¹, А. О. Константинов¹, А. А. Мельникова², К. С. Иванов¹

¹Институт криосферы Земли СО РАН, Россия, г.Тюмень;

²Тюменский государственный архитектурно-строительный университет, Тюмень.

Аннотация. В статье рассматриваются перспективы применения нового материала «ДИАТОМИК» в дорожном строительстве в условиях Крайнего севера. Предложенный материал сравнивается с зарубежными аналогами. С помощью современных программных средств произведен прогноз теплового взаимодействия мёрзлых грунтов и дорожной конструкции с теплоизоляционным слоем материала в основании.

Ключевые слова: диатомит, пеностекло, теплоизоляционный материал.

Введение

Криолитозона занимает значительную часть территории России. В области ее распространения находятся важнейшие объекты топливно-энергетического комплекса и инфраструктуры, развитие которых является залогом экономической безопасности страны в XXI веке.

Районы России, расположенные в области распространения многолетнемерзлых пород (ММП), даже при сравнительно малом населении обеспечивают до 11% ВВП страны, главным образом за счет добычи невозобновляемых природных ресурсов [1]. Разведанные запасы месторождений нефти и газа, а также темпы их освоения будут только расти. Следовательно, даже при существенной диверсификации российской экономики, разработка месторождений природных ресурсов севера России останется одним главных императивов развития экономики страны.

Комплексное освоение природных ресурсов криолитозоны предполагает создание современной транспортной инфраструктуры с развитой сетью автомобильных дорог в регионах севера.

Автомобильные дороги относятся к числу линейных сооружений, пересекающих участки местности с разнообразными грунтовыми, гидрологическими и геокриологическими условиями. Проектирование и строительство таких объектов в области распространения ММП является сложным и трудоемким процессом. Доподлинно определить какие участки дороги окажутся в зоне риска в процессе эксплуатации, представляется затруднительным, поэтому требуется разработка специальных мер и технологий по защите инженерных сооружений.

В странах запада на уровне регионов, расположенных в области распространения ММП, все чаще принимаются решения о реализации инфраструктурных проектов, восприимчивых к изменениям природных условий. Такой подход к проектированию объектов транспортной инфраструктуры позволяет еще на этапе проектирования учесть возможность деградации ММП вследствие природных (изменения климата) и техногенных факторов.

Выбор данного подхода предполагает принятие нестандартных инженерных решений, использование новейших технологий и материалов в строительстве [2].

«ДИАТОМИК» - инновационный материал для дорожного строительства в условиях распространения ММП

Внедрение новых материалов, обеспечивающих дополнительный запас прочности дорожных конструкций и улучшающих их водно-тепловой режим, может стать оптимальным решением при строительстве автомобильных дорог и других объектов транспортной инфраструктуры в области распространения ММП.

Строительные материалы из пеностекла уже более десяти лет используются в дорожном строительстве ряда стран Северной Европы. Пеностекло производят путем переработки промышленных и бытовых отходов стекла. Ведущими производителями гранулированного пеностекла в Европе являются компании «Foamit», «Schaumglass», «Насор» и «Glapor».

Значительный опыт применения пеностекла в дорожном строительстве накоплен в Норвегии, где использованию новых строительных материалов активно способствует Норвежское управление автомобильными дорогами общего

пользования (The Norwegian Public Roads Administration). Способность слоя гранулированного пеностекла выполнять теплоизоляционные, морозозащитные и дренажные функции в дорожных конструкциях подтверждают результаты лабораторных и полевых экспериментов, данные мониторинга функционирующих дорог [3].

Слой из гранулированного пеностекла, обладающий низкой насыпной плотностью, способен не только улучшать водно-тепловой режим дорожной конструкции, но и снижать и перераспределять нагрузки на грунт. Многофункциональность слоя данного материала обеспечивает высокую

эффективность его применения при строительстве на слабых, просадочных грунтах и в области распространения ММП [3,4].

Нами предлагается использовать гранулированный материал «ДИАТОМИК» для устройства теплоизоляционно-дренирующего слоя в основании дорожной насыпи в качестве альтернативы вспененному экструзионному пенополистиролу, применяемому в дорожном строительстве при неблагоприятных грунтово-геологических условиях. Материал «ДИАТОМИК» по своим характеристикам ничем не уступает гранулированному пеностеклу зарубежных производителей (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристики материала «ДИАТОМИК» и гранулированного пеностекла ведущих европейских производителей [5, 3, 6]

Материал	Размер гранул, мм	Теплопроводность λ , W/m ² K		Прочность, МПа*	Насыпная плотность кг/м ³	Водопоглощение по объему %
		Сухого	Влажного			
«Geocell»	10 – 60	0,08	0,095	1,2 – 2,4	130 – 190	< 10
«Насопор»	Light	10-60	0.099	0,8 – 2,4	180	0,75
	Standard		0.107		225	0,7
«ДИАТОМИК»	10-40	0,07	0,10	0,8 – 2,8	200-230	< 6

* - разброс в значениях прочности связан с выбором конкретной фракции, для которой проводились измерения

Приведенные в таблице 1 характеристики материала «ДИАТОМИК» определены в соответствии с ГОСТ [7, 8]

«ДИАТОМИК» представляет собой гранулированный пеностеклокристаллический материал, обладающий низкой теплопроводностью. Материал характеризуется высокой устойчивостью к силикатному распаду (менее 0,2%) и морозостойкостью (1,1 % потерь массы при 15 циклах замораживания и оттаивания, обладает низким водопоглощением, поскольку поры являются закрытыми [9].

Технология получения гранулированного строительного материала «ДИАТОМИК» запатентована ИКЗ СО РАН, патент РФ № 2464251, также на материал разработаны технические условия (ТУ 5764-001-90903792-2013). Процесс производства гранулированного материала «ДИАТОМИК» реализован на опытной установке ИКЗ СО РАН. Основной сырьевой компонент: опал-кристобалитовые горные породы (диатомит, трепел, опока) подвергаются первичному измельчению, сушке и тонкому помолу. Затем происходит смешивание с раствором каустика, формование сырцовых гранул, их подсушка, дробление до требуемых размеров

и вспенивание во вращающейся барабанной печи при 800 °С.

Запасы эоценовых опал-кристобалитовых пород Западно-Сибирской провинции оцениваются в 0,3 млн. км³. Для Северо-Тюменской субпровинции они доступны для разработки вплоть до расчетной глубины в 10 м [10]. Таким образом, в Тюменской области имеется практически неограниченная сырьевая база, что открывает возможности для строительства заводов и широкого применения материала.

Прогноз теплового взаимодействия мёрзлых грунтов и дорожной конструкции с теплоизоляционным слоем материала «ДИАТОМИК» в основании.

Прогноз утепляющего влияния дорожной конструкции на грунты основания при использовании различных теплоизоляционных материалов («ДИАТОМИК» и вспененный экструзионный пенополистирол марки «Пеноплекс») проводился с использованием компьютерного моделирования температурного режима грунтов в программе QFrost для типовой дорожной конструкции, применяемой при строительстве по I принципу проектирования в области распространения ММП.

Программа QFrost позволяет решать разнообразные задачи геокриологии, в частности проводить расчёты теплового взаимодействия инженерных сооружений с вечномёрзлыми грунтами с учетом изменения граничных условий.

Алгоритм расчета, используемый данной программой, впервые был предложен Л.Н.Хрусталёвым и изначально реализован сотрудниками кафедры геокриологии геологического факультета МГУ в пакете программ «Тепло». Программа QFrost использует тот же математический метод, но её отличает современный интерфейс и новые возможности [11].

Выбор данной расчетной модели обусловлен тем, что она характеризуется высокой степенью применимости для моделирования геотехнических систем, симметрия температурного поля которых позволяет пренебречь третьей пространственной координатой, например, для линейных сооружений.

Автомобильная дорога, для которой производился расчет, рассматривается как бесконечная в линейном направлении. Она ориентирована с запада на восток в районе

Надыма по участку болотистой местности (торфяник). Выбор подобного объекта для моделирования связан с необходимостью произвести расчет взаимодействия сооружения и грунтов для достаточно сложного случая (строительство по I принципу на грунтах IV класса просадочности).

Выбранная для расчетов конструкция насыпи является типичной для условий Севера и соответствует требованиям, заявленным для дорог первой подзоны первой зоны дорожно-климатического районирования России [12]. Она характеризуется следующими параметрами: дорожная одежда (щебень по ГОСТ 8267-93), толщиной по оси 0,3 м, земляное полотно с крутизной откосов 1:2, теплоизоляционный слой в основании насыпи мощностью 0,1 и 0,3 для материалов «Пеноплекс» и «ДИАТОМИК» соответственно, грунт основания – торф. Высота насыпи принята равной 2,13 м, ширина по низу 16,02 м. Геометрические пропорции насыпи и схема строения с различными вариантами утепления («ДИАТОМИК», «Пеноплекс») приведены ниже (рис.1 и рис.2).

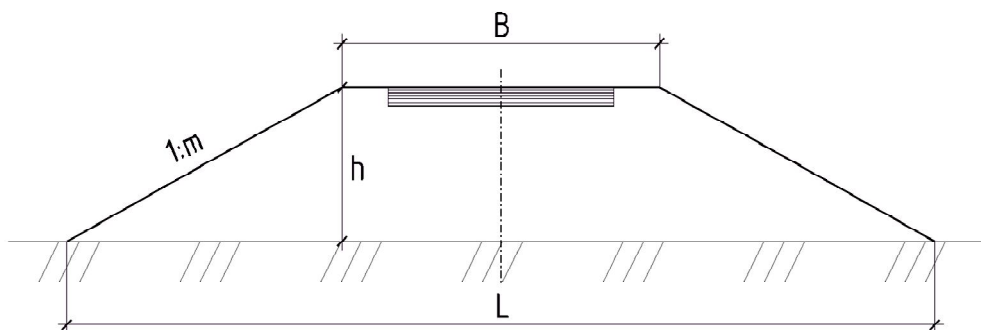


Рис. 1. Геометрические пропорции насыпи

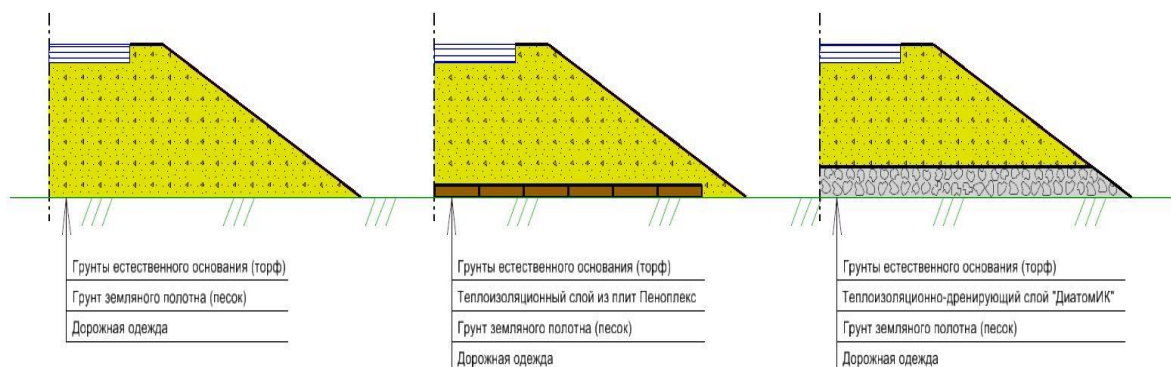


Рис. 2. Схемы строения дорожных насыпей, принятых для расчета (а - без теплоизолятора, б - «Пеноплекс», в - «ДИАТОМИК»)

СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Земляное полотно отсыпается из местных грунтов, песков. Под насыпью залегают многолетнемерзлые грунты ненарушенного сложения. Состав грунтов и необходимые для

расчета теплофизические свойства приведены в соответствии со СП 25.13330.2012. «Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах» [13] (таблица 2).

Таблица 2 – Физические свойства природных грунтов и материалов дорожной конструкции

Грунт	Глубина/ мощность слоя, м	Коэффициент Теплопроводности Вт/(м*°С)		Объемная Теплоемкость, Вт*ч/(м ³ *°С)		Влажность весовая, %	Плотность сухого грунта, Т/м ³	Теплота фазового перехода Вт*ч/м ³
		Талого	Мерзлого	Талого	Мерзлого			
Разрез-представитель для района Надыма								
Торф	2	0,93	1,39	1044	754	1,50	0,4	55 800
Песок		2,15	2,37	770,0	592,0	0,20	1,6	29 760
Материалы, применяемые в дорожной конструкции								
Дорожное покрытие	0,3	0,74	0,74	978	978	-	-	2120
Строительный песок	2	1,45	1,51	563	522	-	-	1900
Пеноплекс	0,1	0,035	0,035	128	128	-	-	-
ДИАТОМИК	0,3	0,1	0,15	160	160	-	-	-

На нижней границе расчетной области, которая соответствует глубине нулевых годовых амплитуд температур в слое ММП (-2,5 °С для 16 м), задавалось граничное условие I рода с постоянными для всех сезонов года температурами. На верхней границе расчетной области задавалось

граничное условие III рода с переменными по времени температурой воздуха и величиной теплового потока на единицу площади с учетом сопротивления снежного и мохового покровов. На боковых границах расчетной области задавалось граничное условие II рода с нулевым теплотокном (таблица 3).

Таблица 3 – Граничные условия расчетной области

Параметры граничных условий	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	IVIII	IX	X	XI	XII
T °С (среднегодовая температура воздуха по месяцам)	-23,6	-23,6	-9,0	-9,0	-9,0	11,9	11,9	11,9	-4,8	-4,8	-4,8	-23,6
α, Вт/(м ² *°С), коэффициент теплообмена для района Надыма [14]	0,48	0,41	0,41	0,43	0,68	2,7	2,7	2,7	4,06	2,03	0,82	0,52

Кроме граничных условий для осуществления моделирования задавались также начальные условия. Начальными условиями для получения температурного поля до сооружения дорожной конструкции линейное распределение температуры грунта в массиве, обусловленное положением границы ММП и температурой грунтов на глубине нулевых годовых теплооборотов.

Расчеты изменения температурного поля в основании дорожной насыпи проводилась для сроков эксплуатации дорожной конструкции в 10 и 25 лет.

Обсуждение результатов

Произведенные расчеты позволяют предположить, что теплоизоляционные

свойства слоя материала «ДИАТОМИК» мощностью 0,3 м сопоставимы со свойствами слоя материала «Пеноплекс» мощностью 0,1 м. Сохранение мерзлотных условий в основании земляного полотна наблюдается при эксплуатации дорожной конструкции продолжительностью в 10 лет. Соответственно, выполняются все необходимые условия для реализации I принципа проектирования в криолитозоне.

При отсутствии теплоизоляционного слоя в основании земляного полотна для аналогичного срока эксплуатации происходит растепление на глубину до 0,2 – 0,4 м ниже уровня основания насыпи (рис. 3).

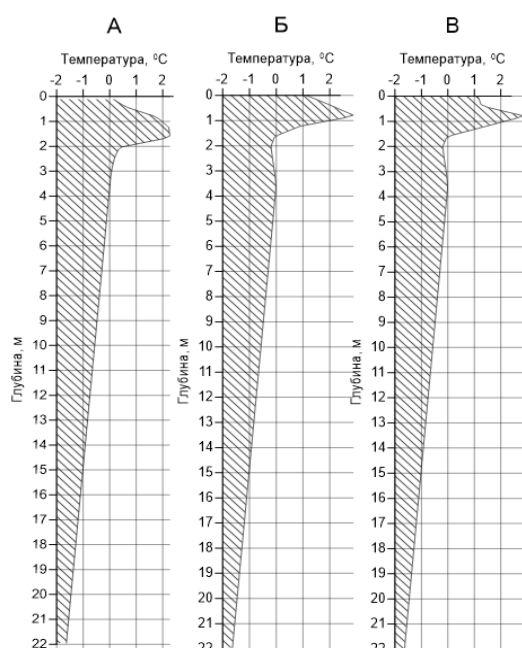


Рис. 3 Распределение температуры по глубине при эксплуатации в течение 10 лет в центральной части земляного полотна (А – без теплоизоляционного слоя, Б – «ДИАТОМИК», В – «Пеноплекс»)

При более длительном сроке эксплуатации дорожной конструкции (25 лет) позитивный эффект от применения теплоизоляционного материала в основании дорожной конструкции становится еще более очевидным (рис. 4)

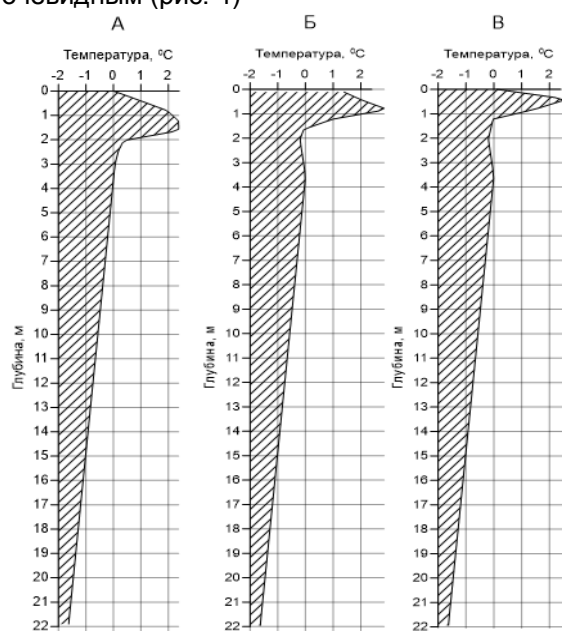


Рис. 4 Распределение температуры по глубине при эксплуатации в течение 25 лет в центральной части земляного полотна (А – без теплоизоляционного слоя, Б – «ДИАТОМИК», В – «Пеноплекс»)

В случае длительной эксплуатации дорожной конструкции с теплоизоляционным слоем материала «ДИАТОМИК» в основании не происходит растепление основания земляного полотна. Наоборот, происходит промораживание нижней части насыпи на высоту 0,2-0,3 м

Заключение

Инновационный гранулированный материал «ДИАТОМИК» способен обеспечить необходимую теплоизоляцию мерзлых грунтов в основании земляного полотна, спроектированного по I принципу.

Слой материала «ДИАТОМИК» мощностью 0,3 метра в основании насыпи не уступает по теплоизоляционным свойствам слою синтетического теплоизолятора «Пеноплекс» толщиной 0,1 метра.

Применение материала «ДИАТОМИК» в дорожном строительстве в условиях севера может оказывать положительный эффект на экономику Тюменской области и сопредельных регионов. Материал ориентирован на местное сырье, прост для транспортировки, может обеспечить импортозамещение ряда строительных материалов, привести к созданию новых рабочих мест.

Применение материала «ДИАТОМИК» может существенно улучшить качество транспортной инфраструктуры Западной Сибири как в условиях севера для теплоизоляции земляного полотна и дорожной одежды, так и в более южных районах при строительстве в сложных груново-гидрологических условиях.

Библиографический список

1. Основные природные и социально-экономические последствия изменения климата в районах распространения многолетнемерзлых пород: прогноз на основе синтеза наблюдений и моделирования: оценочный отчет / Под ред. О.А. Анисимова. – М.: Greenpeace, 2009. – 43 с.
2. Transportation & Climate Change in Manitoba Workshop / Prep. by K. Abdel-Hay, B. Harrison, S. Turriff, C. van Rosmalen. – Winnipeg: University of Manitoba Transport Institute, 2003. – 113 p.
3. Frydenlund T. E., Aabøe R. Use of waste materials for lightweight fills / T. E. Frydenlund, R. Aabøe // International Workshop on Lightweight Geomaterials. – Tokyo, 2002.
4. Meyer M., Emersleben A. Einsatzmöglichkeiten von recyceltem Altglas im Verkehrswegebau. / M. Meyer, A. Emersleben // Recycling und Rohstoffe. Band 3. – Berlin: Verlag, 2010. - S. 441 – 451.
5. Technische Daten von GEOCELL Schaumglasschotter. – Режим доступа: <http://www.geocell->

schaumglas.eu/de/schaumglasschotterglasschaum/technische-daten/ (дата обращения 06.12.2014).

6. Иванов, К. С. Новый изоляционный материал для термостабилизации грунтов / К. С. Иванов // Криосфера Земли. Том XV. – 2011. – № 4. – С. 120-122.

7. ГОСТ 9758-2012. Межгосударственный стандарт. Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний (введен в действие Приказом Росстандарта от 27.12.2012 N 2073-ст). – М.: Стандартинформ, 2014

8. ГОСТ 7076-99 Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме. М.: Изд-во стандартов, 1999. – 16 с.

9. Иванов, К. С. Диатомиты в технологии гранулированного пеностекла / К. С. Иванов, С. С. Радаев, О. И. Селезнева // Стекло и керамика. – 2014. – № 5. – С. 15-19

10. Нестеров, И.И. Западно-Сибирская провинция кремнисто-опаловых пород / И.И. Нестеров, П.П. Генералов, Л.Л. Подсосова // Советская геология. – 1984. - № 3. – С. 35-40.

11. Песоцкий, Д. Г. QFrost – ПО для моделирования теплофизических процессов в грунтах / Д. Г. Песоцкий, М. С. Торгонский. – 2009 – 2015. – URL: <http://www.qfrost.net>.

12. СП 34.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85* (утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 N 266). – М.: Госстрой России, 2012.

13. СП 25.13330.2012. Свод правил. Основания и фундаменты на вечномёрзлых грунтах. Актуализированная редакция СНиП 2.02.04-88 (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 622). – М.: Минрегион России, 2011.

14. Клименко В., Изменение климата и динамика толщ многолетнемерзлых пород на северо-западе России на ближайшие 300 лет / В. Клименко, Л. Хрусталева // Криосфера Земли. Т. 11. – 2007. – № 3. – С. 3-13.

“DIATOMIK” – NEW THERMAL INSULATING MATERIAL FOR ROAD CONSTRUCTION IN THE CONDITIONS OF CRYOLITHIC ZONE

E. A. Korotkov, A. O. Konstantinov,
A. A. Melnikova, K. S. Ivanov

Abstract. There are considered prospects of using new material "DIATOMIK" in road construction in the conditions of Far North. The offered material is compared to foreign analogs. By means of modern software there is made a thermal interaction's prospect of frozen soil and a road construction with a thermal insulating layer of material in the basis.

Keywords: diatomite, foamglass, thermal insulating material.

Reference

1. Osnovnye prirodnye i social'no-jeconomicheskie posledstvija izmenenija klimata v rajonah rasprostraneniya mnogoletnemerzlyh porod:

prognoz na osnove sinteza nabljudenij i modelirovanija: ocenochnyj otchet [The main natural, social and economic consequences of climate change in areas of permafrost's distribution: the prospect on the basis of observational synthesis and modeling: evaluation report]. Pod red. O. A. Anisimova. Moscow, Greenpeace, 2009. 43 p.

2. Transportation & Climate Change in Manitoba Workshop / Prep. by K. Abdel-Hay, B. Harrison, S. Turriff, C. van Rosmalen. – Winnipeg: University of Manitoba Transport Institute, 2003. – 113 p.

3. Frydenlund T. E., Aabøe R. Use of waste materials for lightweight fills / T. E. Frydenlund, R. Aabøe // International Workshop on Lightweight Geomaterials. – Tokyo, 2002.

4. Meyer M., Emersleben A. Einsatzmöglichkeiten von recyceltem Altglas im Verkehrswegebau. / M. Meyer, A. Emersleben // Recycling und Rohstoffe. Band 3. – Berlin: Verlag, 2010. - pp. 441 – 451.

5. Technische Daten von GEOCELL Schaumglasschotter. – Jelekt. resurs: rezhim dostupa: <http://www.geocell-schaumglas.eu/de/schaumglasschotterglasschaum/technische-daten/> (accessed 06.12.2014).

6. Ivanov K. S. Novyj izoljacionnyj material dlja termostabilizacii gruntov [New insulating material for soil thermostabilization]. *Kriosfera Zemli. Tom XV*, 2011, no 4. pp. 120-122.

7. GOST 9758-2012. *Mezhhgosudarstvennyj standart. Zapolniteli poristye neorganicheskie dlja stroitel'nyh rabot. Metody ispytanij (vveden v dejstvie Prikazom Rosstandarta ot 27.12.2012 N 2073-st)*. [State Standart 9758-2012. Porous inorganic aggregates for construction works. Test methods (N 2073 St are put into operation by the Order of Rosstandart of 27.12.2012)] Moscow, Standartinform, 2014.

8. GOST 7076-99 *Metod opredelenija teploprovodnosti i termicheskogo soprotivlenija pri stacionarnom teplovom rezhime* [State standart 7076-99. Method of determining heat conductivity and thermal resistance at the stationary thermal mode]. Moscow, Izd-vo standartov, 1999. 16 p.

9. Ivanov K. S., Radaev S. S., Selezneva O. I. Diatomity v tehnologii granulirovannogo penostekla [Diatomites in the granulated foamglass' technology]. *Steklo i keramika*, 2014, no 5. pp. 15-19

10. Nesterov I. I., Generalov P.P., Podsosova L. L. Zapadno-Sibirskaja provincija kremniisto-opalovyh porod [West Siberian province of siliceous-opal rocks]. *Sovetskaja geologija*, 1984, no 3. pp. 35-40.

11. Pesotskiy D. G., Torgonskiy M. S. *QFrost – PO dlja modelirovanija teplofizicheskikh processov v gruntah* [QFrost – software for modeling of heatphysical processes in soil]. 2009, 2015. Available at: <http://www.qfrost.net>.

12. SP 34.13330.2012. Svod pravil. Avtomobil'nye dorogi. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.05.02-85* (utv. Prikazom Minregiona Rossii ot 30.06.2012 N 266). [RR 34.13330.2012. Rules and regulations. Motor roads. The current edition of Construction Norms and Regulations 2.05.02-85]. Moscow, Gosstroj Rossii, 2012.

13. SP 25.13330.2012. Svod pravil. Osnovaniya i fundamenty na vechnomerzlyh gruntah. Aktualizirovannaja redakcija SNIp 2.02.04-88 (utv. Prikazom Minregiona Rossii ot 29.12.2011 N 622). [RR 25.13330.2012. Rules and regulations. The bases on permafrost soil. The current edition of Construction Norms and Regulations 2.02.04-88] Moscow, Minregion Rossii, 2011.

14. Klimentov V., Hrustalev L. Izmenenie klimata i dinamika tolshh mnogoletnemerzlyh porod na severozapade Rossii na blizhajshie 300 let [Climate change and thicknesses' dynamics of the permafrost on the northwest of Russia for the next 300 years]. *Kriosfera Zemli*, T. 11, 2007, no 3. pp. 3-13.

Korotkov Evgeniy Anatolievich (Rossiya, g. Tyumen) – nauchnyj sotrudnik, nauchno-vnedrencheskaja laboratorija «Diatomit», Institut kriosферы Земли Сибирского отделения Российской академии наук (625000, g. Tyumen, ul. Malygina, 86, e-mail: the_djon@bk.ru)

Konstantinov Aleksandr Olegovich (Rossiya, g. Tyumen) – mladshij nauchnyj sotrudnik Nauchno-vnedrencheskaja laboratorija «Diatomit», Institut kriosферы Земли Сибирского отделения Российской академии наук, (625000, g. Tyumen, ul. Malygina, 86, e-mail: konstantinov.alexandr72@gmail.com)

Melnykova Alena Aleksandrovna (Rossiya, g. Tyumen) – преподаватель Тюменского государственного архитектурно-строительного университета, член Союза архитекторов России

(625000, g. Tyumen, ul. Lunacharskogo, 25, e-mail: konstantinov.alexandr72@gmail.com)

Ivanov Konstantin Sergeevich (Rossiya, g. Tyumen) – kandidat tehnikeskikh nauk, starshij nauchnyj sotrudnik, Institut kriosферы Земли Сибирского отделения Российской академии наук (625000, g. Tyumen, ul. Malygina, 86, e-mail: e-mail: 4terminator@mail.ru)

Korotkov Evgeniy Anatolievich (Russian Federation, Tyumen) – researcher, scientific and implementation laboratory "Diatomit", Institute of the Earth's cryosphere of the Russian Academy of Sciences' Siberian branch (625000, Tyumen, Malygina St., 86, e-mail: the_djon@bk.ru)

Konstantinov Aleksander Olegovich (Russian Federation, Tyumen) – junior researcher of the Scientific and implementation laboratory "Diatomit", Institute of the Earth's cryosphere of the Russian Academy of Sciences' Siberian branch, (625000, Tyumen, Malygina St., 86, e-mail: konstantinov.alexandr72@gmail.com)

Melnikova Alyona Aleksandrovna (Russian Federation, Tyumen) – lecturer of Tyumen State University of Civil Engineering, member of the Union of architects of Russia (625000, Tyumen, Lunacharskiy St., 25) e-mail: yharro@yandex.ru

Ivanov Konstantin Sergeevich (Russian Federation, Tyumen) – Candidate of technical sciences, senior researcher, Institute of the Earth's cryosphere of the Russian Academy of Sciences' Siberian branch (625000, Tyumen, Malygina St., 86, e-mail: e-mail: 4terminator@mail.ru)

УДК 691.12

СВОЙСТВО БЕТОНА НА ОСНОВЕ МОДИФИЦИРУЕМОГО ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ТОРФА

А. Ф. Косач¹, И. Н. Кузнецова², А. Б. Демидов³, Ю. В. Берёзкина¹

¹ФГБОУ ВПО «ЮГУ», Россия, г. Ханты-Мансийск;

²ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

³Комбинат пористых материалов, Россия, г. Омск.

Аннотация. В данной статье представлены эффективность производства строительных материалов на основе растительно-минеральных композиций – торфа. Сырьевая база позволяет рассматривать развитие их производства, как одно из важнейших направлений в освоении новых прогрессивных строительных материалов и инновационных технологий в ХМАО. Выявлена и обоснована возможность применения торфа, как пластифицирующего и гидрофобного органического вещества на основе высокодисперсного торфа в мелкозернистых бетонах, возможность регулирования физико-механических свойств. На основании проведенного исследования определена степень дисперсности, весовая доля наноразмерных частиц, количественное содержание модифицированной песчано-торфяной смеси до 20% от массы цемента, что снижает коэффициент теплопроводности на 10-12% и расход цемента на 15% без снижения прочностных характеристик бетона.

Ключевые слова: торф, бетон, цементный камень, активация, высокодисперсные частицы, прочность, свойства, структурообразование.

Введение

Значительным резервом повышения эффективности производства, в частности строительства, является снижение материалоемкости и использование местных ресурсов при производстве строительных материалов и конструкций. Это становится возможным при широком внедрении прогрессивных научно-технических достижений, ресурсо- и энергосберегающих технологий. В последнее время особое внимание ученых направлено на использование органики, как достаточно дешевого сырья, для производства различных строительных материалов. Оптимальным сырьевым ресурсом для производства композитов с использованием растительных наполнителей в Ханты-Мансийском автономном округе является торф. Эффективность применения материалов на основе растительно-минеральной композиций практически неограниченно. Сырьевая база позволяет рассматривать развитие их производства как одно из важнейших направлений в освоении новых прогрессивных строительных материалов в ХМАО.

ХМАО-Югра имеет огромный потенциал для вовлечения в сферу жилищного строительства инновационных материалов на основе торфо-минерального сырья путем разработки принципиально новых инновационных технологий переработки.

На территории округа расположено 2176 торфяных месторождений с площадью в промышленных границах 13182393 га и запасами 44971031 тыс. тонн торфа [1].

Анализ соотношения энергозатрат по технологическим переделам добычи и переработки торфа показывает, что наибольшие затраты энергии приходятся на процесс обезвоживания торфа. Сегодня в нефтедобывающих регионах, в частности, в Ханты-Мансийском автономном округе, создана мощная инфраструктура. На территории ХМАО 90% торфяных месторождений совмещены с нефтяными, имеющими попутный газ, который можно использовать для обезвоживания торфа, самого энергоемкого технологического передела, который составляет 78% общих энергозатрат на добычу и переработку торфа. Использование попутного газа позволит сократить энергоемкость технологического передела по обезвоживанию торфа на 50-60%, что существенно снизит стоимость конечной продукции.

Технико-экономические расчеты стоимости торфяной продукции подтверждают конкурентоспособность подобного производства по отношению к продукции, получаемой традиционными технологиями на территориях с благоприятным климатом.

Использование торфа, как торфяного наполнителя (торфяной лигнин), в бетоне способствует улучшению его теплофизических свойств. Основные свойства торфа: низкая теплопроводность, антисептичность, биостойкость, низкая плотность. При химической переработке органического вещества торфа можно получить соединения, которые улучшают пластифицирующие и гидрофобные свойства минеральных вяжущих (цемента, извести, гипса) и материалов на его основе.

Для того чтобы теоретически верно дать обоснование возможности применения торфа в производстве строительных материалов, необходимо иметь полное представление о составе и свойствах каждого компонента торфяного сырья и определить целесообразность выделения тех или иных компонентов в зависимости от требуемых характеристик получаемого материала. В торфе содержатся частицы различных форм и размеров, поэтому торф является полидисперсной системой. С физико-химической точки зрения торф можно отнести к классу сложных многокомпонентных полидисперсных полуколлоидно-высокомолекулярных систем. В торфе выделяют шесть основных групп соединений: гуминовые вещества, битумы, углеводная составляющая, фульвовые кислоты, целлюлоза, лигнин. Различие в содержании этих групп в торфе связано с их разновидностью и со степенью разложения. Следует отметить, что не все содержащиеся группы торфа положительно влияют на свойства строительных материалов, получаемых на его основе. Например, лигнин и углеводы оказывают негативное воздействие на прочность и долговечность цементного камня. В связи с чем, целесообразным представляется выделение и изучение свойств отдельных групп торфяного сырья [2].

Технология и свойства модифицируемого мелкозернистого бетона

В торфе содержатся частицы различных форм и размеров, поэтому торф является полидисперсной системой. С физико-химической точки зрения торф можно отнести к классу сложных многокомпонентных полидисперсных полуколлоидно-высокомолекулярных систем.

Торфяной лигнин после химической обработки (извлечение вредоносных веществ для бетона: воски, битумы, смолы, гиматомелановые, гуминовые и фульвокислоты) является нанопористым материалом, который положительно влияет на теплофизические и физико-механические свойства мелкозернистых бетонов. Исследования показывают, чем выше содержание минеральной части в торфе, тем он более активен. Катионы кальция и других веществ служат, с одной стороны, регулятором биохимических процессов, нейтрализаторами кислотности среды, во многом определяя структуру коллоидно-высокомолекулярной составляющей, с другой стороны, способны

активно участвовать в ионообменных реакциях, а также в реакциях гидратации и гидролиза торфа в процессе его переработки [3].

Для получения высокодисперсных (наноразмерных) частиц на основе торфяного лигнина, использовали центробежную дисковую установку, которая по степени дисперсности при сухом помоле позволяет получать ультрадисперсные материалы – $10 - 10^3$ нм (рис.1). Так как торфяной лигнин очень трудно подвергается диспергации, то для получения наноразмерных частиц использовали в качестве абразивного материала речной песок, в соотношении песка к торфу 80:20, 60:40, 40:60, 20:80 (рис.2).

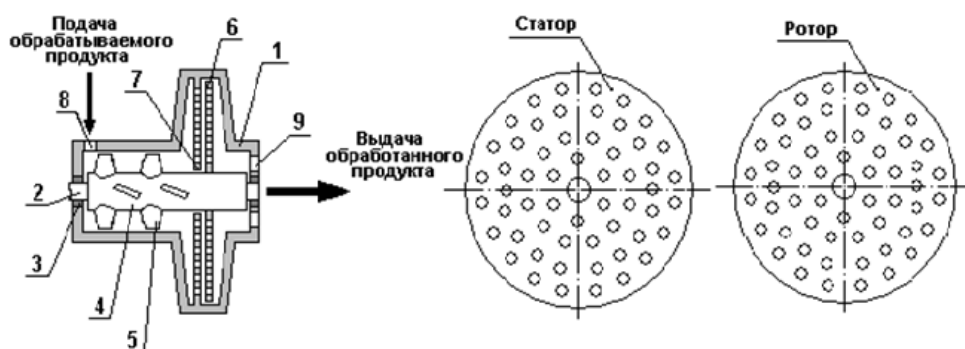


Рис. 1. Схема центробежной дисковой установки:
1 цилиндрический корпус, 2 соединительный вал, 3 подшипник, 4 вал, 5 лопасти, 6 решетчатый ротор, решетчатый статор, 8 окно для подачи продуктов, 9 окно для выдачи готовой продукции.

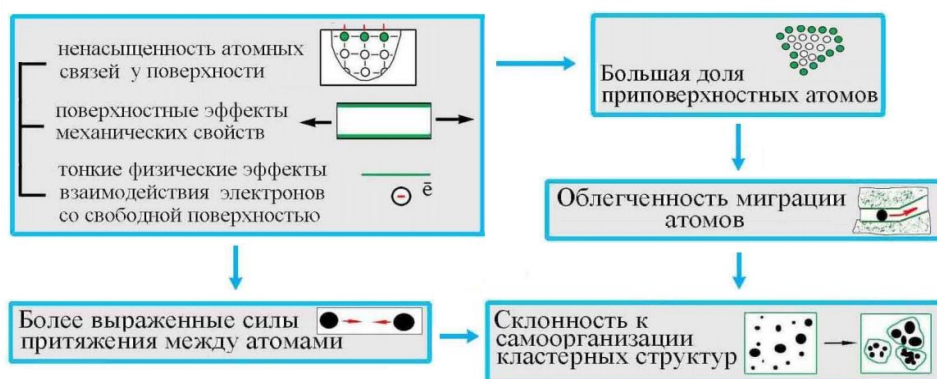


Рис. 2. Схема к самоорганизации кластерных структур в результате физических контактов коагуляционной структуры цементного геля.

Отличительной особенностью технологии строительных материалов на основе высокодисперсных систем является постоянное присутствие твердой фазы в системе, независимо от присутствия жидкой и газообразной фаз. Твердая фаза является носителем основного свойства строительных материалов – прочности, которая участвует в

формировании всех трех вышеназванных структур. В структуре приготовленных исходных дисперсных систем формовочные смеси, различные суспензии и т.д., необходимо различать две составные части: структурный каркас, образованный грубодисперсными частицами, и межзерновой пустотностью, состоящая из высокодисперсных частиц и

продуктов гидратации, расположенных в межзерновом пространстве грубодисперсного каркаса. Следует особо подчеркнуть, что решающую роль имеет регулирование свойств структуры на ранних стадиях её зарождения, а именно в коагуляционный период [4, 5].

Исключительно важное место в вышеуказанном периоде твердения цементного геля занимает вопрос о природе сил взаимодействия между структурными элементами, способствующими превращению гидрогеля в камневидное тело. Например, в исследовании отмечено, что процесс твердения может происходить вследствие проявления водородных связей, ван-дер-ваальсового взаимодействия или ионного притяжения при наличии неуравновешенных электрических зарядов [5]. Основная роль при этом отводится адсорбированной воде. Исследователи предполагают, что сила водородной связи достаточно велика для придания цементному камню высокой прочности. Данные силы структурной связи могут проявляться в том случае, если частички сближены до расстояний, на которых между ними возникают короткодействующие ненасыщенные поверхностные валентные силы [6].

Эти гидраты представлены в виде мельчайших частиц – субмикрочастиц – с размерами меньше 0,1 мкм; они создают в

прослойках между гидратированными зернами цемента коллоидную систему – тоберморитовый гель. Между частицами возникают коагуляционные контакты, что и приводит к образованию коагуляционной структуры. Особенностью этих контактов является обязательное наличие между частицами тонкой устойчивой прослойки воды (дисперсионной среды) [7].

В результате физических контактов коагуляционной структуры цементного геля происходит облегченность миграции атомов, наблюдаются более выраженные силы притяжения между атомами, что приводит к склонности самоорганизации кластерных структур (рис.2) [8].

В лаборатории новых технологий и автоматизации промышленности строительных материалов «ИНТА-строй» (г. Омск) проведены исследования по оптимизации количественного состава активированной песчано-торфяной смеси и её содержания от массы цемента в мелкозернистом бетоне, модифицированным высокодисперсным торфом, согласно разработанной структурной схеме исследования (рис.3). Разработаны составы и технология приготовления мелкозернистой бетонной смеси с целью изучения воздействия активированного состава песчано-торфяной смеси на физико-механические свойства мелкозернистого бетона.

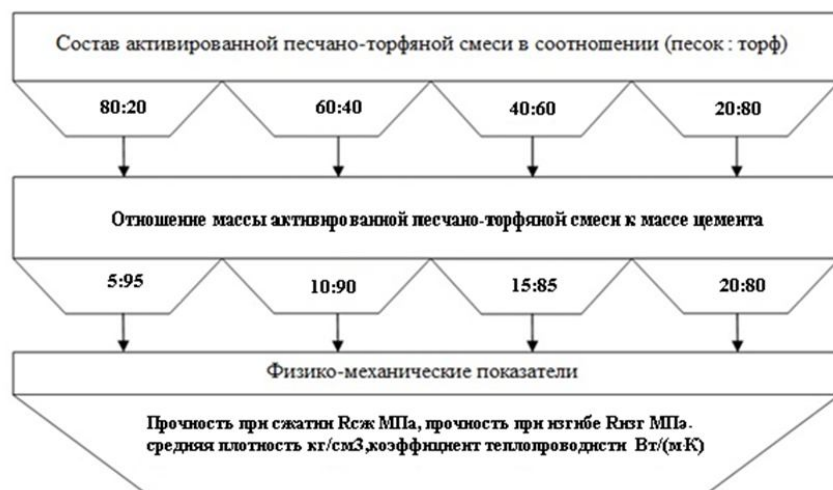


Рис. 3. Структурная схема исследования цемента-песчано-торфяной смеси

В эксперименте применялись следующие материалы:

1. Вяжущее вещество – портландцемент ПЦ400 Д20 производства Искитимского цементного завода (г. Новосибирск).

2. Песок – гидронамывной с реки Иртыш, Николаевского карьера, г. Омск со следующими характеристиками: $M_k = 1,9-2,1$;

истинная плотность – 2635 кг/м³; средняя плотность - 2550 кг/м³; насыпная плотность – 1530 кг/м³.

3. Вода водопроводная.

4. Торф (торфяной лигнин) - Обь-Иртышского междуречья: зольность - 10,8%; Н:С - 0,92; О:С- 0,46; N:С - 0,02; Д465/Д650 - 5,92.

СТРОИТЕЛЬСТВО. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Образцы мелкозернистого бетона размером 4x4x16 см изготовлены из цементно-песчано-торфяной смеси нормальной консистенции - 110-115 см и испытаны возрасте 28 суток нормального хранения. Кавитационная активация (расстояние между решетчатыми ротором и стартером) - 1,0-1,5 мм. Физико-механические показатели определялись при температуре 20 ± 2 °С и относительной влажности 70-80% согласно

требованиям ГОСТа. Прочностные характеристики цементно-песчано-торфяной смеси, определяемые на установке МИИ-100 и прессе МС-1000, образцы для определения теплопроводности изготавливали в виде пластин размером 100x100x15 мм, из цементного теста, модифицированного песчано-торфяной смесью нормальной густоты, согласно структурной схемы, представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1 – Физико-механические показатели активированной смеси (песка-торфа) и образцов бетона

Физико-механические показатели				Соотношение активированных песчаных торфяных смесей (песок к торфу)			
				80:20	60:40	40:60	20:80
Процентное содержание доли размера частиц	Весовые доли размера частиц песчано-торфяной смеси Р, %	Размер частиц D, мкм	1,2-1,6	98-100	99-100	98-100	99-100
			0,8-1,2	67-70	59-61	51-54	37-39
			0,4-0,8	15-16	14-15	13-14	7-8
			0,0-0,4	5,4-5,7	5,1-5,4	4,9-5,1	3,1-3,4
Средняя плотность торфа и песка, активированной смеси, кг/м ³				1781	1721	1650	1570
Теплопроводность бетонных образцов Вт/м*к	1			0,339	0,311	0,307	0,289
	2			0,340	0,309	0,301	0,281
	3			0,343	0,313	0,302	0,285
	лср			0,341	0,311	0,303	0,285
Общая пористость бетона при диаметре пор 61,9-77,2, нм				0,039	0,037	0,033	0,029

Таблица 2 – Физико-механические показатели образцов с разным количеством активированной песчано-торфяной смеси к массе песка

Показатель	№ образца	Количество активированной песчано-торфяной смеси (песок-40:торф-60) к массе цемента								
		5%		15%		20%		25%		
		R _{изг}	R _{сж}	R _{изг}	R _{сж}	R _{изг}	R _{сж}	R _{изг}	R _{сж}	
Прочность, МПа	1	14,5	41,6	13,4	38,1	13,1	37,2	12,9	36,6	
			41,3				38,5			37,6
	2	14,2	40,9	13,3	37,6	13,0	37,3	12,7	36,1	
			40,1				38,2			36,9
	3	14,6	41,9	13,3	37,3	12,9	37,6	12,9	37,1	
			41,5				38,5			36,3
		R _{ср}	14,4	41,2	13,3	38,0	13,0	37,2	12,0	36,6
	Средняя плотность, кг/м ³		2292		2231		2201		2173	

На основании полученных результатов активации компонентов цементно-песчано-торфяной смеси бетона принимаем оптимальное соотношение песка к торфу - 40% к 60%, вследствие того, что прочность образцов по сравнению с прочностью контрольных образцов изменилась в пределах допустимых значений - 2,6%, а теплофизические свойства увеличились. Результаты определения массы активированной песчано-торфяной смеси от общей массы цемента, соотношение песка к торфу - 85% к 15% представлены в таблице 2. Известно, что поровая структура бетона (цементного камня) классифицируется следующим образом: микропоры, диаметр которых не превышает 0,01 мкм; переходные поры (мезопоры) диаметром от 0,01 до 0,1–0,2 мкм; макропоры диаметром более 0,2 мкм.

По данным ртутной порометрии образцы бетона содержат макропоры и мезопоры, средний общий объем таких пор для образцов бетона (из цементно-песчано-торфяной смеси) составляет 0,035–0,037 см³/г при диаметре 61,9–77,2 нм. Теплопроводность $\lambda_{тц,к} = 0,338-0,352$ Вт/(м·К) [9].

Заключение

Появление инновационного строительного материала из доступного местного сырья для жилищного и промышленного строительства может способствовать привлечению значительных инвестиций в регион ХМАО, что положительно скажется не только на экономической, но и социальной обстановке в округе. Одно из перспективных направлений регулирования свойств мелкозернистого бетона является использование наноразмерных минеральных и органоминеральных наполнителей на ранних стадиях, а именно в коагуляционный период процессов структурообразования.

На основании полученных результатов таблицы 1, 2 по степени дисперсности и весовой доли наноразмерных частиц, полученных при активации смеси песок-торф, принимаем соотношение песка к торфу 40/60%, количественное содержание песчано-торфяной смеси 20% от массы цемента.

Принятое соотношение песка к торфу и количественное содержание активированной смеси позволяют снизить среднюю плотность и коэффициент теплопроводности на 10–12%, при этом сократить расход цемента до 15% без снижения прочностных характеристик.

Библиографический список

1. Перспективы развития торфяной промышленности Ханты-Мансийского автономного округа-Югры // Отчет по НИР (заключит.)

государственный контракт № 7-НИР от 29 октября 2004 г. – Ханты-Мансийск, 2004 г // Исполнитель ОАО «Уральский центр энергосбережения и экологии»; исполн. Ануфриев В.П., Гревцев Н.В., Дюкова Р.С и др. – Ханты-Мансийск, 2004. – 217с. – Библиог.: с 187–219. – N ГР 01875001357 – Инв. N 07759001915.

2. Сартаков, М. П., Торфяных ресурсов ХМАО / М. П. Сартаков, А. Ф. Косач, Ю. В. Березкина, Н. А. Гутарева и др. // Эколого-географические проблемы природопользования нефтегазовых регионов: Теория, методы, практика. – Нижневартовск, 2003. – С. 31–40.

3. Косач, А. Ф. Технология и производство ячеистых бетонов на основе отходов кварца / А. Ф. Косач, И. Н. Кузнецова, С. В. Данилов, Н. А. Гутарева // Вестник СибАДИ. – 2013. – № 3 (31). – С. 82–86.

4. Кузнецова, И. Н. Процессы коррозии цементного камня в его структуре / И. Н. Кузнецова, М. А. Ращупкина // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 2 (24). – С. 62–66.

5. Шмитько, Е. И. Химия цемента и вяжущих веществ / Е. И. Шмитько, А. В. Крылова, В. В. Шаталова. – Санкт-Петербург: «Проспект Науки». – 2006. – 206 с.

6. Гусев, Б. В. Формирование структуры композиционных материалов и их свойства / Б. В. Гусев, В. И. Кондращенко, Б. П. Маслов, А. С. Файвусович – М.: Научный мир, 2006. – 560 с.

7. Белоян, Б. М. Наноматериалы. Классификация, особенности свойств, применение и технологии получения: учеб. Пособие / Б. М. Белоян, А. Г. Колмаков, М. И. Алымов, А. М. Кротов. – М.: 2007 - 125с.

8. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин; под ред. Ю. А. Табунщикова, В. Г. Гагарина. – 5-е изд., перераб. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. – 256 с.

MANUFACTURE OF CONCRETE ON THE BASIS OF MODIFIED FINELY DISPERSED PEAT

A. F. Kosach, I. N. Kuznecova,
A. B. Demidov, J. V. Berezkina

Abstract. The article dwells on the efficiency of manufacturing construction materials on the basis of vegetative and mineral compositions – peat. The raw materials base allows to consider the development of their production as one of the major directions in developing new progressive construction materials and innovative technologies in Khanty-Mansiysk Autonomous region. There are revealed and justified the possibility of using peat as a plasticized and hydrophobic organic substance on the basis of finely dispersed peat in fine grained concretes, the opportunity to regulate physical and mechanical qualities. On the basis of conducted research there is determined the dispersion degree, weight fraction of nanoparticles, quantitative content of modified sandy-peat mixture up to 20 % of the concrete's mass that decreases the thermal conduction coefficient by 10–12% and cement consumption by 15 % without decreasing strength properties of concrete.

Keywords: peat, concrete, cement stone, activation, finely disperses particles, durability, properties, structurization.

References

1. Perspektivy razvitiya torfjanoy promyshlennosti Hanty-Mansijskogo avtonomnogo okruga-Jugry [Prospects of developing peat industry of the Khanty-Mansiysk autonomous district - Yugra]. *Otchet po NIR (zakljuchit.)* Anufriev V. P., Grevcev N. V., Djukov R. Hanty-Mansijsk, 2004. 217 p.

2. Sartakov M. P., Kosach A. F., Berezkina Y. V., Gutareva N. A. Torfjanyh resursov HMAO [Peat resources of Khanty-Mansiysk Autonomous district]. *Jekologo-geograficheskie problemy prirodopol'zovaniya neftegazovyh regionov: Teorija, metody, praktika*, Nizhnevartovsk, 2003. pp. 31-40

3. Kosach A. F., Kuznecova I. N., Danilov S. V., Gutareva N. A. Tehnologija i proizvodstvo jacheistyh betonov na osnove othodov kvarca [Technology and production of foamed concretes on the basis of quartz's wastes]. *Vestnik SibADI*, 2013, no 3 (31). Pp. 82-86.

4. Kuznecova I. N., Rashhupkina M. A. Processy korrozii cementnogo kamnja v ego strukture [Corrosion processes of the cement stone in its structure]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 2 (24). pp. 62-66.

5. Shmitko E. I., Krylova A. V., Shatalov V. V. *Himija cementa i vjazhushhih veshhestv* [Chemistry of cement and binding substances]. Sankt-Peterbur, Prospekt Nauki, 2006. 206 p.

6. Gusev B. V., Kondrashhenko V. I., Maslov B. P., Fajvusovich A. S. *Formirovanie struktury kompozicionnyh materialov i ih svojstva* [Formation of composite materials' structure and their properties]. Moscow, Nauchnyj mir, 2006. 560 p.

7. Beloyan B. M., Kolmakov A. G., Alymov M. I., Krotov A. M. Nanomaterialy. *Klassifikacija, osobennosti svojstv, primenenie i tehnologii poluchenija* [Nanomaterials. Classification, peculiarities of properties, application and technologies of receiving]. Moscow, 2007. 125 p.

8. Fokin K. F. *Construction teplo tehnika ograzhdajushhih chastej zdaniy* [Construction thermal technology of shelding parts of buildings]. Moscow, AVOK-PRESS, 2006. 256 p.

Косач Анатолий Федорович (Россия, г. Ханты-Мансийск) – доктор технических наук, профессор кафедры Строительные конструкции Югорского государственного университета (ЮГУ), (628012, Ханты-Мансийский автономный округ - Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16 e-mail: A_Kosach@ugrasu.ru).

Кузнецова Ирина Николаевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры Строительные конструкции ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5).

Демидов Андрей Борисович (Россия, г. Омск) – начальник производственного отдела комбината пористых материалов «Комбинат пористых материалов» (644035, г. Омск, ул. Камбинатская, 46).

Березкина Юлия Викторовна (Россия, г. Ханты-Мансийск) – кандидат технических наук, доцент кафедры Строительство Югорского государственного университета (ЮГУ), (628012, Ханты-Мансийский автономный округ - Югра, г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16).

Kosach Anatoliy Fedorovich (Russian Federation, Khanty-Mansiysk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Building structures" of the Yugra State University, (628012, Khanty-Mansiysk Autonomous Area, Khanty-Mansiysk, Chekhova st., 16, e-mail: A_Kosach@ugrasu.ru).

Kuznetsova Irina Nikolaevna (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Building structures" of the Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5).

Demidov Andrey Borisovich (Russian Federation, Omsk) – production control manager of the industrial complex of porous materials "Combine of Porous Materials" (644035, Omsk, Kombinatskaya St., 46).

Berezkina Yulia Viktorovna (Russian Federation, Khanty-Mansiysk) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Construction" of the Yugra State University (628012, Khanty-Mansiysk Autonomous Area, Khanty-Mansiysk, Chekhova st., 16)

УДК 624.046.5

ВЕРОЯТНОСТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПО ЗАДАННОМУ УРОВНЮ НАДЕЖНОСТИ

Ю. В. Краснощеков¹, М. Ю. Заполева²

¹ФГБОУ ВПО «СибАДИ» Россия, г. Омск;

²ОАО СМУ №175 «Радиострой».

Аннотация. В статье обосновывается идея о том, что в настоящее время существует достаточно данных для вероятностного проектирования конструкций по заданному уровню надежности. Основное внимание авторы акцентируют на связь уровня надежности с заданной вероятностью коэффициента запаса. Дается сравнение коэффициентов запаса в разных методах расчета. Предлагается расчетная модель случайного коэффициента запаса, распределенного по нормальному закону. Приведен пример расчета железобетонной плиты покрытия на задаваемую надежность.

Ключевые слова: надежность, методы расчета, строительные конструкции, коэффициент запаса, безопасность.

Введение

Надежность - основной критерий качества конструктивных элементов и систем в целом. Введение в нормативные документы понятия надёжности не только обеспечило единый критерий проектирования конструкций, но и определило вектор совершенствования методов расчёта, направленный на повышение гарантии безопасности. В настоящее время надежность конструкций при проектировании обеспечивается расчетом полувероятностным методом предельных состояний [1].

По вопросу развития методов расчета существуют две точки зрения. С одной стороны, полувероятностный подход позволяет не только гарантировать безопасность и эксплуатационную пригодность конструкции, но и допускает при необходимости совершенствование норм проектирования путем уточнения и дифференциации коэффициентов надёжности. С другой стороны, поскольку метод предельных состояний основан на полувероятностном подходе, а теория надёжности значительно продвинулась вперёд, поэтому для решения задачи надёжности целесообразно перейти к принципиально новой методике проектирования.

Действительно, в существующем виде детерминированный метод предельных состояний не даёт чёткого ответа о надёжности конструкций, не позволяет проектировать их с заданным уровнем надёжности и оценить качество проектного решения по этому критерию. Недостатком этого метода является также то, что он оперирует расчетными (определенными) параметрами, в то время как

они зачастую являются случайными величинами с разными характеристиками изменчивости, сопоставлять которые, например, в статических условиях равновесия можно только с определенной степенью приближения.

Дальнейшее совершенствование расчётных методов требует широкого привлечения методов теории вероятностей и надёжности, особенно при необходимости учёта фактора времени. Поэтому действующими нормами допускается также производить расчет по заданному значению надежности вероятностными методами при наличии достаточных данных об изменчивости основных факторов, входящих в расчетные зависимости. Разработка таких методов - актуальная задача.

Коэффициент запаса (безопасности) в разных методах расчета

Изначально надежность оценивали по величине коэффициента запаса. Коэффициенты запаса присутствовали практически во всех известных методах расчёта на прочность, однако соотношение значений коэффициентов и уровня надёжности не всегда было одинаковым. Это обусловлено тем, что по мере развития методов расчёта всё большее внимание уделялось учёту изменчивости исходных данных с использованием элементов теории вероятностей.

Например, в классическом методе расчета по допускаемым напряжениям коэффициент запаса принимали в виде отношения средних значений несущей способности R к нагрузочному эффекту Q

$$\bar{k} = \bar{R} / \bar{Q} . \quad (1)$$

Детерминированную величину (1) отношения математических ожиданий прочности и нагрузки называют статистическим или общим коэффициентом запаса, не являющимся случайной величиной [2]. В сущности, оценить надёжность конструкции только по величине общего коэффициента запаса \bar{k} без учёта вероятностной природы нагрузок и прочностных свойств материалов невозможно. Поэтому значимостью этого параметра длительное время пренебрегали.

Единый коэффициент запаса использовали и в методе расчёта по разрушающим (предельным) нагрузкам. По мнению В. Д. Райзера, коэффициент запаса в этом методе является, в сущности, функцией нормативных значений нагрузки и несущей способности [3]:

$$k_n = R_n / Q_n . \quad (2)$$

Детерминированную величину k_n В. В. Болотин назвал условным коэффициентом запаса, не являющимся случайной величиной, а выражение (2) – «классическим условием прочности» [4].

В методе расчёта конструкций по предельному состоянию, несмотря на вероятностную сущность дифференцированных коэффициентов надёжности, также часто обращаются к расчетному коэффициенту запаса в виде отношения расчетных значений несущей способности к нагрузочному эффекту, как к основному мерилу надёжности

$$k = R / Q . \quad (3)$$

Как уже отмечалось, определение «расчетный» по отношению к уровню надёжности весьма условно и неоднозначно. Поэтому существует вероятностная трактовка коэффициента запаса (безопасности) в виде случайной величины [5]

$$\tilde{k} = \tilde{R} / \tilde{Q} . \quad (4)$$

Если известна плотность распределения $p(k)$, то вероятность наступления состояния, обусловленного равенством (4) и названного предельным, определяется по формуле

$$P_Q = \int_0^1 p(k) dk . \quad (5)$$

Формулы (4) и (5) представляют собой основу простейшей вероятностной модели

расчёта конструкций. Применительно к задачам прочности А. Р. Ржаницын назвал величину $P_Q(k < 1)$ вероятностью разрушения, удобную для вероятностных расчётов, когда нагрузка и прочность подчиняются несимметричным законам распределения, отличающимся от нормального закона [2].

В свое время после появления различных решений случайной функции (4) пришли к выводу, что единый коэффициент запаса, учитывающий одновременно изменчивость нагрузок и свойств материалов, а также точность расчётных схем и многообразные условия работы, не мог быть объективным критерием надёжности конструкций. Поэтому от идеи вероятностного коэффициента запаса пришлось отказаться и перейти к более совершенному методу предельных состояний с частными коэффициентами надёжности. Тем не менее, нельзя отрицать практического значения коэффициента запаса в реальном проектировании, так как это наиболее простой и доступный вид оценки эффективности конструктивного решения. По численным значениям коэффициента часто судят об уровне надёжности конструкций, необходимость обеспечения которого является одним из основных требований к методам расчёта. Даже, если физический смысл коэффициентов запаса скрыт от проектировщика, он обычно воспринимается как обобщённое отражение мер предосторожности. Подкупающая простота вычисления коэффициента запаса способствует решению проблемы оперативного контроля результатов расчета и наглядности расчётной процедуры.

Особенности вероятностного метода двух моментов

Коэффициент запаса фигурирует и в наиболее доступном вероятностном методе двух моментов с приближённой оценкой надёжности посредством характеристики безопасности β . Этот метод относят к более высокому уровню обеспечения безопасности, по сравнению с полувероятностным методом предельных состояний.

Характеристика безопасности определяется по формуле

$$\beta = \frac{\bar{R} - \bar{Q}}{\sqrt{s_R^2 + s_Q^2}} = \frac{\bar{k} - 1}{\sqrt{\bar{k}^2 v_R^2 + v_Q^2}} , \quad (6)$$

где s_R , s_Q – среднеквадратические (стандартные) отклонения несущей способности и нагрузочного эффекта.

Метод двух моментов основан на предположении распределения исходных данных по нормальному закону.

При нормировании коэффициентов надежности метода предельных состояний также часто используют нормальный закон распределения случайных величин R и Q . Так, для случайной величины R реализуется достаточно простое выражение

$$R_n = \bar{R}(1 - \mu_R v_R), \quad (7)$$

а для случайной величины Q

$$Q_n = \bar{Q}(1 + \mu_Q v_Q), \quad (8)$$

где μ_R и μ_Q – характеристики обеспеченности нормативных значений несущей способности R_n и нагрузочного эффекта Q_n ; \bar{R} и \bar{Q} , v_R и v_Q – средние значения и коэффициенты вариации случайных величин R и Q .

При других законах распределения случайных величин имеется возможность заменить их нормальными с теми же математическими ожиданиями и дисперсиями,

что и у исходных данных. Этот приём имеет место при использовании метода статистической линеаризации. Возможен и другой подход, когда исходные распределения заменяются нормальными с такими математическими ожиданиями и дисперсиями, чтобы значения их плотностей распределения были равны на границе отказа в точке с наибольшей совместной плотностью вероятности. Данный способ применяется, например, в методе «горячих» точек [3]. В любом случае вероятностный метод моментов позволяет получить достаточно объективную оценку надёжности конструкции, рассчитанных по методу предельных состояний. Для расчета по заданному уровню надежности требуется нормирование характеристик безопасности β и соответствующих вероятностей безотказной работы P_R в зависимости от класса ответственности сооружения или предельных состояний. Например, в работе [6] в качестве нормативных уровней надёжности предлагаются показатели, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Задаваемая надёжность в зависимости от уровня ответственности сооружения

Уровень ответственности	Несущие конструкции		Ограждающие конструкции	
	P_R	β	P_R	β
1	0,999	3,11	0,995	2,56
2	0,995	2,56	0,990	2,32
3	0,990	2,32	0,975	1,96
Временные сооружения	0,950	1,65	0,95	1,65

По заданной характеристике безопасности β можно определить коэффициент запаса (безопасности) \bar{k} . Для этого следует решить уравнение (8) относительно \bar{k} :

$$\bar{k} = \omega \frac{1 + \sqrt{1 - (1 - \beta^2 v_R^2)(1 - \beta^2 v_Q^2)}}{1 - \beta^2 v_R^2}. \quad (9)$$

Существуют способы определения коэффициентов вариации v_R и v_Q для различных расчетных ситуаций с использованием современных норм проектирования [7].

Основной недостаток метода двух моментов заключается в том, что он не учитывает разную обеспеченность значений случайных величин R и Q . В формуле (9) этот недостаток устраняется введением условного коэффициента ω . В монографии [8] этот коэффициент предлагается принять в виде

$$\omega = 1 + \beta_{R^v R} / 1 + \beta_{Q^v Q}. \quad (10)$$

Величину коэффициента ω можно оценить также по известной зависимости коэффициента запаса и коэффициентов надежности метода предельных состояний $\gamma_n, \gamma_f, \gamma_m, \gamma_d$ с учетом формул (7) и (8)

$$\bar{k} = \gamma_n \gamma_f \gamma_m \gamma_d (1 + \mu_Q v_Q) / (1 - \mu_R v_R). \quad (11)$$

Метод моментов использовался в нормах проектирования некоторых стран, однако от этой практики постепенно отказались, отдав предпочтение методу предельных состояний [8].

По известному значению \bar{k} можно решать различные задачи. При этом нет необходимости нормировать расчетные значения исходных данных.

Вероятностный метод расчета по заданному коэффициенту запаса

Длительный опыт применения методов расчета по предельным состояниям и двух моментов показал, что вероятностной основой обобщенного коэффициента запаса может быть нормальный закон

распределения, достоинством которого является то обстоятельство, что линейные комбинации случайных величин, фигурирующие, например, в условии прочности $R \geq Q$, имеют также нормальный закон распределения. К нормальному закону стремится сумма независимых (или слабо зависимых) случайных величин, каждая из которых может быть распределена по любому другому закону.

Исходя из этого, представим произвольное (расчетное) значение коэффициента запаса k в виде, аналогичном (7)

$$k = \bar{k}(1 - \beta_k v_k), \quad (12)$$

где β_k – характеристика обеспеченности расчетного значения k .

Заметим, что выражение (12) полностью соответствует (8) при $\beta_k = \beta$, $k = 1$ и $v_k = \sqrt{\bar{k}^2 v_R^2 + v_Q^2} / \bar{k}$ и, объединяя в единую систему условия прочности (3) и (4), по существу, является результатом вероятностного подхода к методу предельных состояний.

В работе [5] получена формула для приближённой оценки коэффициента вариации случайной величины $\bar{\zeta}$, выведенная разложением функции (4) в ряд Тэйлора:

$$v_k \approx \frac{\sqrt{v_R^2 + v_Q^2}}{1 + v_Q^2}. \quad (13)$$

Инженерный расчет на заданный уровень надежности по формулам (12) и (13) может быть альтернативой моментного метода расчета. При этом можно задаваться не только характеристикой безопасности β_k , но и расчетным значением k .

Пример расчета. Определить площадь сечения A_s рабочей арматуры ребристой плиты покрытия здания в г. Ханты-Мансийск при исходных данных: нормативная (средняя) постоянная нагрузка $\bar{\alpha} = 3,285$ кН/м², расчетная постоянная нагрузка $\bar{g} = 3,821$ кН/м², снеговая нагрузка до 2003 г. $\bar{\zeta} = S_1 = 1,5$ кН/м² и в настоящее время $\bar{\zeta} = S_{25} = 3,2$ кН/м², среднее значение сопротивления сжатию бетона класса В 20 $\bar{R}_b = 19,28$ МПа (получена по формуле (7) при $R_{bn} = 15$ МПа, $\mu_R = 1,645$ и $v_R = 0,135$), расчетное сопротивление $R_b = 11,5$ МПа, среднее значение сопротивления арматуры класса А 500 $\bar{R}_s = 598$ МПа (при $R_{sn} = 500$ МПа, $\mu_R = 1,645$ и $v_R = 0,1$), расчетное сопротивление арматуры $R_s = 435$ МПа, ширина плиты $b =$

1,5 м, рабочая высота $h_0 = 0,27$ м, расчетный пролет $l_0 = 5,9$ м. При расчете по методу предельных состояний: полная расчетная нагрузка $q = 3,821 + 3,2 = 7,021$ кН/м², расчетный изгибающий момент $M = qbl_0^2/8 = 45,825$ кН·м, параметры сжатой зоны $\alpha_m = M/R_b b h_0^2 = 0,036$ и $v = (1 - 2\alpha_m)^{1/2} = 0,963$, требуемая площадь арматуры $A_s = M/v R_s h_0 = 4,05$ см². Принято по сортаменту 4Ø12 при $A_{sf} = 4,52$ см².

Надежность плиты проверяем по методу моментов. Коэффициент вариации постоянной нагрузки $v_g = 0,054$ принят в зависимости от коэффициентов надежности по нагрузке γ_f из условия $v_{gi} = \gamma_{fi}/3$ с учетом весовых коэффициентов $\alpha_{gi} = g/g$. Коэффициент вариации снеговой нагрузки определен из условия распределения её по двойной экспоненциальной функции (распределение Гумбеля) при $z = (S_{25} - S_1)/\ln 25 = 0,528$ кН/м² и $v_s = 1,282z/\bar{\zeta} = 0,212$. При весовых коэффициентах $\alpha_g = 3,285/(3,285 + 3,2) = 0,507$ и $\alpha_s = 3,2/(3,285 + 3,2) = 0,493$ обобщенный коэффициент вариации $v_Q = 0,132$. Так как наиболее вероятное разрушение плиты определяется текучестью арматуры, то принимается $v_R = 0,1$. При $\bar{v} = \bar{R}_s A_s / \bar{R}_b b = 0,93$ см $\bar{M}_u = \bar{R}_b b \bar{v} (h_0 - \bar{v} l_0/2) = 71,67$ кН·м и $\bar{\alpha}_u = 8 \bar{M}_u / b h_0^2 = 10,98$ кН/м. Общий коэффициент запаса $\bar{\nu} = \bar{\alpha}_u / (\bar{\alpha} + \bar{\zeta}) = 1,693$, характеристика безопасности по формуле (6) $\beta = 3,228$ и надежность $P_R = 0,9993$. Выполняем вероятностный расчет по заданному уровню надежности при 2 уровне ответственности здания ($\beta = 2,56$ по табл. 1). По формуле (9) при $\omega = 1$ получено $\bar{\nu} = 1,515$. По формуле (1) среднее значение нагрузки, на которую следует рассчитывать прочность плиты, $\bar{D} = \bar{\nu} \bar{Q} = 1,515(3,285 + 3,2) = 9,825$ кН/м². Изгибающий момент $\bar{M} = 64,125$ кН·м, $\alpha_m = \bar{M} / \bar{R}_b b h_0^2 = 0,033$ (изменчивость геометрических размеров не учитывается) и $v = 0,986$, требуемая площадь арматуры $A_s = \bar{M} / v \bar{R}_s h_0 = 4,03$ см².

Действительный коэффициент вариации v_R для конструкций рассматриваемого типа может быть значительно больше, чем вычисленный в примере по прочности нормальных сечений. В таблице 2 приведены результаты расчетов площади арматуры A_s в см² при разных уровнях ответственности здания и разных значениях коэффициентов вариации прочности плиты.

Таблица 2 – Требуемая площадь сечения арматуры в зависимости от уровня ответственности сооружения и изменчивости прочности плиты покрытия по вероятностному расчету

Уровень ответственности	Коэффициенты вариации v_R		
	0,1	0,12	0,14
1	4,51	4,84	5,30
2	4,03	4,32	4,60
3	3,94	4,12	4,35

Анализ показывает, что при расчете по предельным состояниям надежность проектируемой конструкции обеспечена только для зданий 2 и 3 уровней ответственности при минимальном значении v_R . Надежность в значительной степени зависит от изменчивости исходных данных. В отдельных случаях требуемая площадь сечения рабочей арматуры может быть больше на 30%, чем при расчете по предельным состояниям.

Для сравнения результатов расчета разными методами определены: коэффициент $\beta_R = (64,125 - 45,825)/0,1 \cdot 64,125 = 2,85$; $\beta_{Q1} = (3,821 - 3,285)/0,054 \cdot 3,285 = 3,02$; $\beta_{Q2} = 0$ и доля постоянной нагрузки $\alpha_g = 0,507$. По формуле (10) $\omega = (1 + 2,85 \cdot 0,1)/(1 + 0,507 \cdot 3,02 \cdot 0,054) \cdot 1 = 1,187$. По методу двух моментов уточненное значение $\bar{\nu} = 1,187 \cdot 1,515 = 1,798$. По формуле (13) при $k = 1$, $v_R = 0,1$ и $v_Q = 0,132$ получено приближенное значение коэффициента вариации $v_k = 0,163$ и по формуле (12) $\bar{\nu} = 1,716$. Расхождение с методом двух моментов менее 5%.

Заключение

1. Надежность конструкций при расчете по методу предельных состояний определяется условной обеспеченностью расчетных значений исходных данных, установленных нормами, и не зависит от их вероятной изменчивости в действительности.

2. Для расчета по заданному уровню надежности можно использовать метод двух моментов.

3. Альтернативным методом расчета по заданному уровню надежности может быть изложенный здесь более простой метод случайного коэффициента запаса.

4. Общий (средний) коэффициент запаса вероятностных методов расчета в отличие от аналогичного коэффициента классического метода расчета по допускаемым напряжениям является одним из основных показателей надежности и определяется в зависимости от изменчивости расчетных параметров.

5. Для вероятностного расчета исключается необходимость нормирования расчетных значений параметров.

6. Нормирование средних значений и характеристик изменчивости расчетных параметров следует выполнять с учетом опыта применения метода предельных состояний.

Библиографический список

- ГОСТ Р 54257-2010. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования. – М.: Стандартинформ, 2011. – 20 с.
- Райзер, В. Д. Теория надёжности сооружений / В. Д. Райзер. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 384 с.
- Ржаницын, А. Р. Теория расчёта строительных конструкций на надёжность / А. Р. Ржаницын. – М.: Стройиздат, 1978. – 239 с.
- Болотин, В. В. Методы теории вероятностей и теории надёжности в расчётах сооружений / В. В. Болотин. – М.: Стройиздат, 1981. – 351 с.
- Капур, К. Надежность и проектирование систем / К. Капур, Л. Ламберсон. – М.: Мир, 1980. – 608 с.
- Знаменский, Е. М. О расчете конструкций с заданным уровнем надежности / Е. М. Знаменский, Ю. Д. Сухов. – Строительная механика и расчет сооружений. – 1987. – №2. – С. 7 – 9.
- Краснощеков, Ю. В. Вероятностные основы расчета конструкций. Надежность строительных конструкций. – Palmarium academic publishing, 2014. – 234 с.
- Шпете, Г. Надежность несущих строительных конструкций / Пер. с нем. О.О.Андреева. – М.: Стройиздат, 1994. – 288 с.

PROBABILISTIC DESIGN OF A STRUCTURE BY THE GIVEN LEVEL OF RELIABILITY

Y. V. Krasnoshchekov, M. Yu. Zapoleva

Abstract. The article substantiates the idea that currently there is sufficient data for probabilistic design of structures by the given level of reliability. The article is focused on the connection of reliability's level with given probability of assurance factor. There is presented a comparison of assurance factors in different methods of calculation. The authors propose computational model of a stochastic assurance factor, distributed according to the normal law. There is given an example of calculating reinforced concrete roof plank on given reliability.

Keywords: reliability, methods of calculation, building constructions, assurance factor, safety.

References

- GOST R 54257-2010. *Nadjozhnost' stroitel'nyh konstrukcij i osnovanij. Osnovnye polozhenija i*

trebovanija [State standard R 54257-2010. Reliability of building structures and foundations. Basic provisions and requirements]. Moscow, Standartinform, 2011. 20 p.

2. Raizer V. D. *Teorija nadjozhnosti sooruzhenij* [Structural safety theory]. Moscow, Izd-vo ASV, 2010. 384 p.

3. Rzhanicyn A. R. *Teorija raschjota stroitel'nyh konstrukcij na nadjozhnost'* [The theory of calculating building structures for reliability]. Moscow, Strojizdat, 1978. 239 p.

4. Bolotin V. V. *Metody teorii verojatnostej i teorii nadjozhnosti v raschjotah sooruzhenij* [Methods of probability theory and reliability theory in calculating structures]. Moscow, Strojizdat, 1981. 351 p.

5. Kapur K., Lamberson L. *Nadjozhnost' i proektirovanie sistem* [Reliability and designing of systems]. Moscow, Mir, 1980. 608 p.

6. Znamenskiy E. M., Sukhov Y. D. O raschete konstrukcij s zadannym urovnem nadezhnosti [On calculation of structures with a given level of reliability]. *Stroitel'naja mehanika i raschet sooruzhenij*, 1987, no 2. pp. 7 – 9.

7. Krasnoshchekov Y. V. *Verojatnostnye osnovy rascheta konstrukcij. Nadezhnost' stroitel'nyh konstrukcij* [Probabilistic bases of calculating structures. Reliability of

building structures]. Palmarium academic publishing, 2014. 234 p.

8. Shpete, G. *Nadjozhnost' nesushhih stroitel'nyh konstrukcij* [Reliability of bearing structures]. Per. s nem. O. O. Andreeva. Moscow, Strojizdat, 1994. 288 p.

Краснощечков 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).

Заполева Мария Юрьевна (Россия, г. Омск) – инженер-конструктор, ОАО СМУ №175 «Радиострой». (644082, г. Омск, ул. Энгельса, 1, e-mail: m18kras@spartak.ru).

Krasnoshchekov Yuriy Vasilievich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department "Building constructios", The Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: uv1942@mail.ru).

Zapoleva Maria Yurievna (Russian Federation, Omsk) – design engineer, ОАО СМУ No. 175 "Radiostroy". (644082, Omsk, Engels st., 1, e-mail: m18kras@spartak.ru).

УДК 625.731.3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ШЕРОХОВАТОСТИ ГЕОМАТОВ

В. А. Шнайдер¹, В. В. Сиротюк¹, Т. П. Троян¹, Е. Ю. Мосур²

¹ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

²ФГБОУ ВПО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», Россия, г. Омск.

Аннотация. Целью статьи является определение коэффициентов шероховатости геоматов, применяемых для повышения устойчивости откосов земляного полотна от размыва поверхностными водами. В статье описано влияние коэффициентов шероховатости на гидравлическое сопротивление движения воды. Проанализированы расчетные формулы, на основе которых опытным путем были получены значения коэффициентов шероховатости геоматов. Описаны условия проведения эксперимента в лаборатории "Гидравлики и инженерной гидрологии" СибАДИ. Вопрос применения геоматов для повышения устойчивости откосов земляного полотна от процессов водной эрозии мало изучен и требует дальнейших исследований.

Ключевые слова: откосы земляного полотна, геосинтетические материалы, геоматы, коэффициент шероховатости, гидравлическое сопротивление.

Введение

Мероприятия по защите земляного полотна от размыва поверхностными водами назначают в том случае, когда скорость течения воды превышает допустимую по размыву:

$$V > V_{доп}, \quad (1)$$

где V – фактическая скорость воды, м/с, $V_{доп}$ – допустимая скорость, м/с.

Средняя скорость при равномерном движении в открытых руслах определяется по формуле:

$$V = C \sqrt{Ri}, \quad (2)$$

где V – средняя скорость, м/с; R – гидравлический радиус, м; i – уклон дна русла, C – коэффициент Шези, м^{0,5}/с.

Для снижения скорости потока и повышения противозерозионной устойчивости откосов земляного полотна последние годы

широко используют геосинтетические материалы [1], в частности, различные по виду, типу, плотности и прочности геоматы (рис. 1). Однако до настоящего времени нет общепринятой и достоверной методики

расчёта местной устойчивости откосов, защищённых геоматами. Нет и рекомендаций для выбора этих геосинтетических материалов (ГМ) в зависимости от условий их применения.

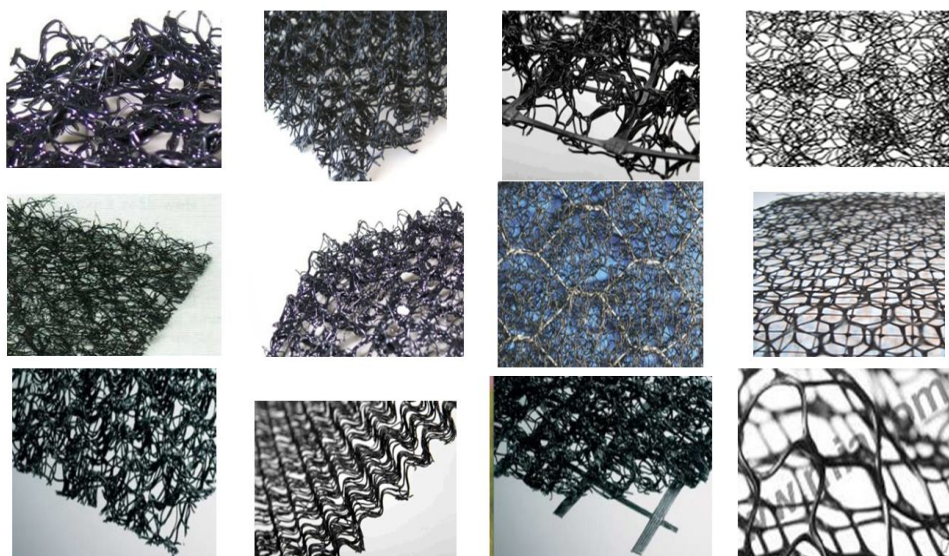


Рис. 1. Виды геосинтетических матов

На первом этапе исследований для решения гидравлических задач необходимо определить коэффициенты шероховатости этих материалов.

Определение коэффициента шероховатости геомата

Влияние шероховатости стенок потока на величину гидравлического сопротивления впервые получило количественную оценку в результате опытов Дарси 1849-1851 г. В последующие годы вместе со своим приемником П. Базеном они выполнили обширную серию экспериментов с открытыми потоками. Опыты велись в каналах и лабораторных лотках с различной формой поперечного сечения и материалом дна (цементобетон, дерево и т.д.). Термин «коэффициент шероховатости» в 1869 г впервые употребили французские ученые Е. Гангилье и В. Куттер [2].

Коэффициент шероховатости широко используется в гидравлических расчетах, значения которых представлены в таблицах [2, 3, 4]. При проектировании открытых каналов величину коэффициента шероховатости выбирают по таблицам, в зависимости от материала стенок и дна русла и условий его содержания. Фактически же величина этого коэффициента зависит от большого числа факторов (шероховатости поверхности, наличия растительности, руслоформирующих процессов: заиления и

размыва, препятствий, размеров и формы канала, глубины наполнения и расхода, взвешенных и донных насосов, сезонных изменений, связанных с ростом водной растительности). Учесть влияние всех этих факторов при современном уровне знаний о природе сопротивления движению воды в открытых руслах очень сложно. Поэтому таблицы содержат лишь описательные характеристики категорий русел и каналов. Они являются результатом обработки многочисленных опытных данных, полученных различными исследователями в разные годы в искусственных и естественных руслах в природе и в лаборатории [2, 3, 4, 5].

Более точное определение численного значения коэффициента представляет основную трудность, но очень важно для гидравлических расчётов, так как выбор этого коэффициента равносителен определению сопротивления движению воды.

При расчетах гидротехнических сооружений коэффициент Шези вычисляют по различным эмпирическим формулам с учетом коэффициента шероховатости.

Формула Гангилье –Куттера

$$C = \frac{23 + 1/n}{1 + 23 \cdot \frac{n}{\sqrt{R}}}, \quad (3)$$

где C – коэффициент Шези, $m^{0.5}/c$; n – коэффициент шероховатости.

Из данной формулы находим коэффициенты шероховатости как значения корней квадратного уравнения:

$$n_{1/2} = \frac{\sqrt{R \cdot (23 - C)} \pm \sqrt{R \cdot (C - 23)^2 + 92 \cdot C \cdot \sqrt{R}}}{46 \cdot C}, \quad (4)$$

Входящий в эту формулу коэффициент шероховатости n не выражает ясную физическую величину, но будучи косвенным параметром, найденным по опытным значениям гидравлических элементов потока, описывает состояние поверхности в смысле ее гидравлической шероховатости.

Коэффициент Шези при равномерном движении в открытых руслах определяется по формуле Шези:

$$C = \frac{V}{\sqrt{Ri}}, \quad (5)$$

где V – средняя скорость, м/сек; R – гидравлический радиус, м; i – уклон дна русла; C – коэффициент Шези, м^{0,5}/с.

В нашей стране широко применяют формулу академика Н. Н. Павловского, которая справедлива при $0,04 \geq n \geq 0,009$ и $0,10 \leq R \leq 3,0$ м

$$C = \frac{1}{n} R^y, \quad (6)$$

где $y = f(n, R)$ – показатель степени, вычисляется по эмпирической формуле

$$y = 2,5 \sqrt{n} - 0,75 (\sqrt{n} - 0,1) \sqrt{R}. \quad (7)$$

При $R < 1,00$ м $y = 1,5\sqrt{n}$ и при $R > 1,00$ м $y = 1,3\sqrt{n}$ формулу (3) алгебраически преобразуем к следующему виду

$$nC - R^{1,5n} = 0. \quad (8)$$

Полученное уравнение относительно n решается методом итераций с помощью встроенного в Microsoft Excel модуля «Подбор параметра».

Кроме вышеприведённых формул для определения коэффициента Шези используют формулу Р. Маннинга

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}. \quad (9)$$

Из формулы (9) выражаем коэффициент шероховатости

$$n = \frac{R^{\frac{1}{6}}}{C}. \quad (10)$$

Формула профессора И. И. Агроскина

$$C = \frac{1}{n} + 17,72 \lg R. \quad (11)$$

Из формулы (11) выражаем коэффициент шероховатости

$$n = \frac{1}{C - 17,72 \cdot \lg R}. \quad (12)$$

Коэффициент шероховатости – это условный параметр, который можно вычислить из приведённых формул при заданных размерах и материале русла, заданных расходе воды Q и уклоне дна i . Какая из формул даёт наиболее достоверные результаты в исследуемом нами процессе можно установить только экспериментально.

Для определения коэффициента шероховатости русла с геоматами проводились эксперименты на установке, которая входит в систему обратного водоснабжения лаборатории "Гидравлики и инженерной гидрологии" СибАДИ, включающую приемный напорный резервуар, центробежный насос с системой трубопроводов и достаточно длинный лоток, чтобы в нем можно было получить участок с равномерным движением воды (рис. 2, таблица 1).



Рис. 2. Общий вид гидрологического лотка

Таблица 1 – Характеристики лотка

Отметка дна сечения, м		Разность отметок, м $\nabla_1 - \nabla_2$	Длина лотка, м L	Ширина лотка, м b	Уклон дна лотка, % i	Характеристика дна лотка
начальном, ∇_1	конечном, ∇_2					
0,005	0,041	0,036	6,510	0,22	5	>0‰

Лоток оборудован в головной и сливной частях плоскими затворами для регулирования глубины потока и мерной иглой (для измерения отметок дна и свободной поверхности потока). На боковой грани расположен пьезометр с напорным резервуаром, соединенным трубопроводом, на котором имеется задвижка для регулирования расхода воды. Нижний бак снабжен иглой и треугольным водосливом-водомером. Регулирование расхода воды осуществляется при помощи задвижки на трубопроводе, соединяющем насос с напорным баком и накопителем. В конце лотка установлен мерный бак, объем которого с учетом толщины стенок $\approx 0,347 \text{ м}^3$.

Измерения отметок дна и свободной поверхности потока производили в трех сечениях при значениях напора воды $H = 122; 118; 112 \text{ мм}$. Дно лотка закрыто стальным

листом. Первые измерения по определению шероховатости выполнялись по стальной поверхности. При этом наблюдалась высокая скорость течения воды с формированием гребня.

Затем были произведены эксперименты с геоматами, которые укладывались на стальную поверхность лотка и фиксировались. В эксперименте использовались геомат МТ-Экстрамат и геокомпозит МТД-Экстрамат (Стеклонит) (рис. 3). При проведении эксперимента с геоматами наблюдалось выравнивание поверхности воды и снижение скорости течения (рис. 4).

Опытным путем по трем поверхностям рассчитываем значение коэффициентов шероховатости. Результаты расчетов представлены в таблице 2.

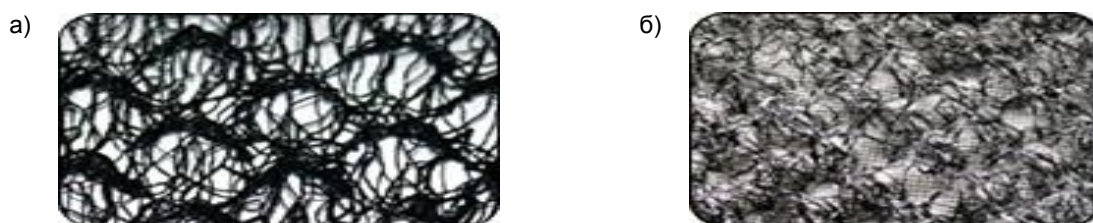


Рис. 3. Образцы геоматов: а) геомат МТ-Экстрамат, б) геомат МТД-Экстрамат

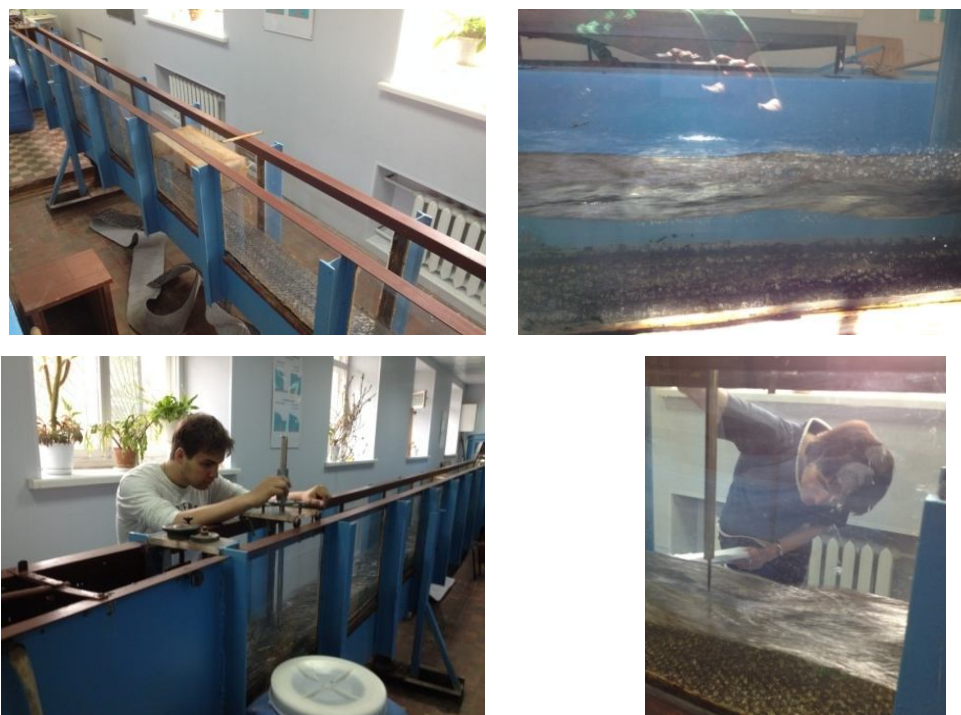


Рис. 4. Проведение опытных замеров

Таблица 2 – Результаты расчётов

Материал поверхности	Величина напора, H , мм	∇^3	∇	Коэффициент шероховатости, по формуле:				
				Маннинга	Агроскина	Павловского	Гангилье-Куттера	
							n_1	n_2
Сталь	$H = 122$	0,25	58,8	0,006	0,013	0,007	0,013	0,007
		0,44	65,9	0,007	0,015	0,008	0,014	0,007
		0,45	69,5	0,008	0,017	0,008	0,014	0,008
	$H = 118$	0,25	48	0,005	0,010	0,006	0,012	0,005
		0,44	44,9	0,004	0,009	0,005	0,012	0,005
		0,45	61,9	0,007	0,015	0,008	0,014	0,007
	$H = 112$	0,25	45,4	0,005	0,010	0,006	0,012	0,005
		0,44	43,9	0,004	0,009	0,005	0,011	0,005
		0,45	56,3	0,006	0,014	0,007	0,013	0,007
МТ-ЭКСТРАМАТ	$H = 122$	0,25	109,5	0,015	0,045	0,014	0,018	0,014
		0,44	125,5	0,018	0,062	0,016	0,019	0,016
		0,45	124,4	0,018	0,061	0,016	0,019	0,015
	$H = 118$	0,25	106	0,014	0,038	0,013	0,018	0,013
		0,44	117,9	0,016	0,048	0,015	0,018	0,014
		0,45	119,4	0,016	0,050	0,015	0,019	0,014
	$H = 112$	0,25	101,3	0,014	0,041	0,014	0,018	0,013
		0,44	113,5	0,016	0,053	0,015	0,019	0,015
		0,45	116,9	0,017	0,057	0,016	0,019	0,015
МТД - ЭКСТРАМАТ	$H = 122$	0,25	109,1	0,014	0,041	0,014	0,018	0,013
		0,44	109,9	0,014	0,041	0,014	0,018	0,013
		0,45	109,9	0,014	0,041	0,014	0,018	0,013
	$H = 118$	0,25	105,6	0,015	0,044	0,014	0,018	0,014
		0,44	105,7	0,015	0,045	0,014	0,018	0,014
		0,45	106,2	0,015	0,045	0,014	0,018	0,014
	$H = 112$	0,25	100	0,014	0,043	0,014	0,018	0,013
		0,44	122,7	0,019	0,072	0,017	0,019	0,016
		0,45	104	0,015	0,047	0,015	0,018	0,014

По полученным значениям (таблица 2) коэффициентов шероховатости материалов были построены графики для каждого из типов поверхности (рис. 5, 6, 7). По графиком видно, что расчеты коэффициентов шероховатости, полученные по формуле Агроскина (12), дает нестабильные значения

и сильно отличаются от значений, рассчитанных по другим формулам (4, 8, 10). Далее необходимо определить погрешность для каждого измерения и определить, какая из формул дает меньшие значения погрешности в зависимости от материала.

Определение коэффициента шероховатости стальной поверхности

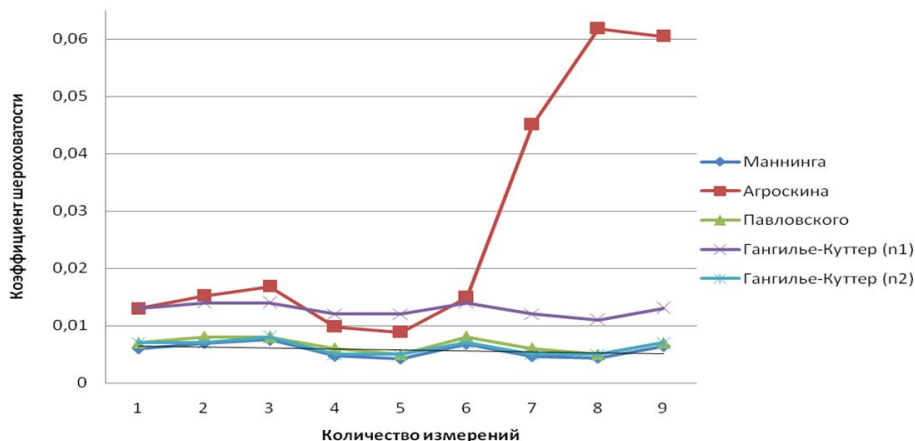


Рис. 5. Коэффициент шероховатости стальной поверхности

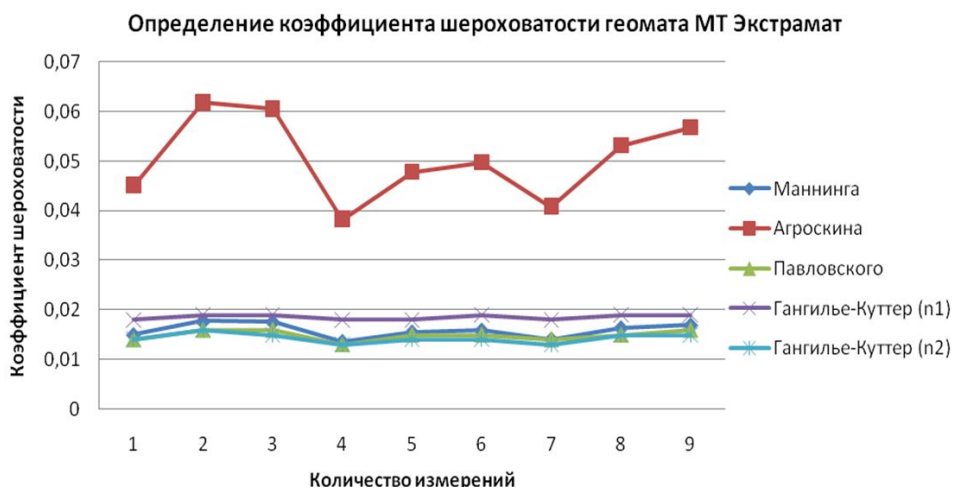


Рис. 6. Коэффициента шероховатости геомата МТ Экстрат

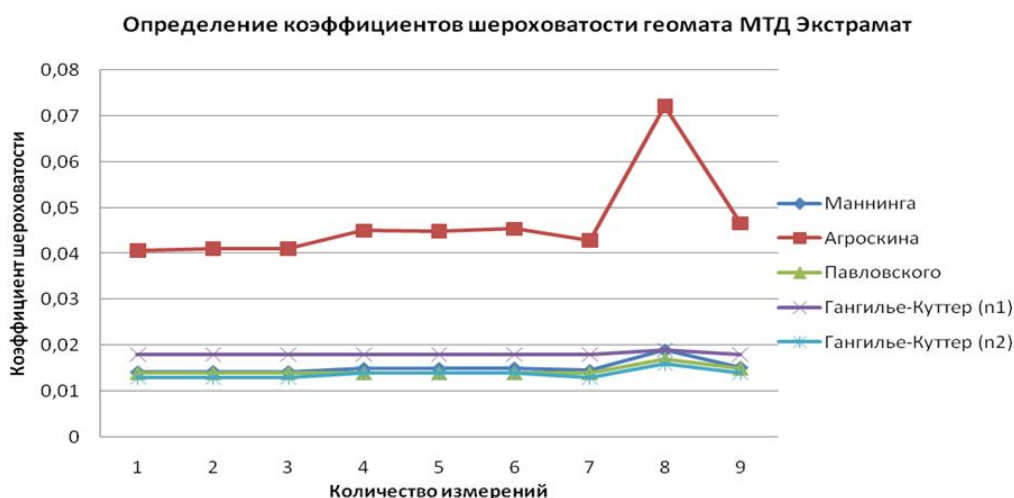


Рис.7. Коэффициент шероховатости геомата МТД Экстрат

Заключение

Возникает необходимость проведения дальнейших экспериментов по определению коэффициентов шероховатости геоматов, отличающихся по виду, толщине и структуре.

Отсюда вытекают следующие задачи:

1) установление зависимости данного параметра от толщины геомата, его структуры (число филаментов на квадратный метр - длина синтетических корней) [6, 7, 8];

2) назначение опытным путем материала засыпки геомата в разных дорожно-климатических условиях;

3) определение возможного влияния укрепления откосов земляного полотна геоматами на уменьшение допустимых заложений откосов.

Библиографический список

1. Шнайдер, В. А. Новая классификация типов укрепления откосов земляного полотна / В. А. Шнайдер, В. В. Сиротюк. – Вестник СибАДИ. – 2011. – № 3 (21). – С. 24-28.
2. Чугаев, Р.Р. Гидравлика: учебник для вузов / Р.Р. Чугаев. - М.: Энергоатомиздат, 1991. – Кн.1,2. -351 с.
3. Гришанин, К. В. Гидравлическое сопротивление естественных русел / К. В. Гришанин. – С.-Петербург: Гидрометеиздат, – 1992. – 431 с.
4. Железняков, Г. В. Пропускная способность русел каналов и рек / Г. В. Железняков – Л.:1976. – 344 с.
5. Гладкий, Р. Н. Анализ методов расчета допустимой скорости течения воды в грунтовых каналах / Р. Н. Гладкий, В. В. Сиротюк, Т. П. Троян // Межвузовский сборник трудов студентов,

аспирантов и молодых ученых / СибАДИ. – Омск, 2005. – С. 284-293.

6. Шнайдер, В. А. Применение геоматов для снижения процессов водной эрозии на откосах земляного полотна / В. А. Шнайдер, В. В. Юмашев // Материалы VII международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли Юга России. – Волгоград: ВолГАСУ, 2014. – С. 21-27

7. CUR (Hrsg.) "Methode voor de periodieke sterktebeoordeling van dijken". Basisrapport, Bijlage H3, Gouda: CUR, 1-+991.

8. Müller-Rochholz. Geokunststoffe im Erd- und Verkehrswegebau. 2 Auflage. 2008 Wolters KluwerDeutschland GmbH, Köln.

DETERMINATION OF GEOMATS' ROUGHNESS COEFFICIENT

V. A. Shnaider, V. V. Sirotuk,
T. P. Troyan, E. Y. Mosur

Abstract. The purpose of the article is to determine the geomats' roughness coefficients applied to improve the stability of road bed embankments against washing away by surface waters. The authors describe the effect of roughness coefficients on the hydraulic resistance of water movement. The authors've analyzed design formulas on the bases of which the values of geomats' roughness coefficients have been experimentally gotten. There are described conditions of conducting experiment in the laboratory "Hydraulics and Engineering Hydrology" of SibADI. The issue of geomats' application to improve the stability of road bed embankments against water erosion processes is poorly studied and requires further research.

Keywords: road bed embankments, geosynthetic materials, geomats, roughness coefficient, hydraulic resistance.

References

1. Shnajder V. A., Sirotjuk V. V. Novaja klassifikacija tipov ukrepljenja otkosov zemljanogo polotna [New classification of types of strengthening road bed embankments]. *Vestnik SibADI*, 2011, no 3 (21). pp. 24-28.

2. Chugaev R. R. *Gidravlika: uchebnik dlja vuzov* [Hydraulics: textbook for higher education institutions]. Moscow, Jenergoatomizdat, 1991. 351 p.

3. Grishanin K. V. *Gidravlichesкое soprotivlenie estestvennyh rusel* [Hydraulic resistance of natural channels]. St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 1992. 431 p.

4. Zheleznyakov G. V. *Propusknaja sposobnost' rusel kanalov i rek* [Carrying capacity of canals and rivers' channels]. Leningrad, 1976. 344 p.

5. Gladkiy R. N., Sirotuk V. V., Troyan T. P., Gladkiy R. N. Analiz metodov rascheta dopuskaemoj skorosti techenija vody v gruntovyh kanalah [The analysis of methods of calculating the permissible speed of water flow in soil channels]. *Mezhvuzovskij sbornik trudov studentov, aspirantov i molodyh uchenyh, SibADI*. Omsk, 2005. pp. 284-293.

6. Shnaider V. A., Yumashev V. V. Primenenie geomatov dlja snizhenija processov vodnoj jerozii na otkosah zemljanogo polotna [Application of geomats for decreasing processes of water erosion on road bed embankments]. *Materialy VII mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh. Molodezh' i nauchno-tehnicheskij progress v dorozhnoj otrasli Juga Rossii*. Volgograd, VolgASU, 2014. pp. 21-27

7. CUR (Hrsg.) "Methode voor de periodieke sterktebeoordeling van dijken". Basisrapport, Bijlage H3, Gouda: CUR, 1-+991.

8. Müller-Rochholz. Geokunststoffe im Erd- und Verkehrswegebau. 2 Auflage. 2008 Wolters KluwerDeutschland GmbH, Köln.

Шнайдер Виктория Александровна (Россия, г Омск) – аспирантка, старший преподаватель кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: wihor@mail.ru).

Сиротюк Виктор Владимирович (Россия, г Омск) – доктор технических наук, профессор кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (646800, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: sirotuk_vv@sibadi.org).

Троян Тамара Петровна Владимирович (Россия, г Омск) – доцент кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5 e-mail: tamara_troyan@mail.ru).

Мосур Евгений Юрьевич (Россия, г. Омск) – кандидат физ - мат. наук, доцент ФГБОУ ВПО «ОмГУ им. Ф. М. Достоевского» (644080, г. Омск, пр. Мира, 55-а, e-mail: mosur@omsu.ru).

Shnaider Viktoria Alexandrowna (Russian Federation, Omsk) – graduate student, senior teacher of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mails: wihor@mail.ru).

Shnaider Viktoria Alexandrovna (Russian Federation, Omsk) – graduate student, senior lecturer of the department "Road engineering" of Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mails: wihor@mail.ru).

Sirotuk Victor Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department "Road engineering" of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5 e-mail: sirotuk_vv@sibadi.org).

Troyan Tamara Petrovna (Russian Federation, Omsk) – associate professor of the department "Road engineering" of The Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI) (646800, Omsk, Mira Ave., 5 e-mails: tamara_troyan@mail.ru).

Mosur Evgeniy Yurievich (Russian Federation, Omsk) – candidate of physical and mathematical sciences, associate professor of Omsk state university named after F. M. Dostoevskiy" (644080, Omsk, Mira Ave., 55-a, e-mail: mosur@omsu.ru).

РАЗДЕЛ III

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

УДК 625.7:004.891.2:004.891.3

ВЫБОР КОНЦЕПЦИИ ЗАЩИТЫ ДОРОГ ОТ ЛАВИН

М. И. Зимин, Торонто, Канада

Аннотация. *Рассматривается концептуальное проектирование противолавинной защиты дорог в горной местности. Разработанные технологии позволяют оптимизировать защиту от снежных лавин и избежать неоправданных потерь. Используется нечётко-стохастический анализ. Принимаются во внимание рельеф, метеорологические и сейсмические факторы. Для каждого очага на каждую дату создаётся база метеоданных. Кроме того, для зон зарождения и транзита разрабатывается база данных по рельефу. По ним для всех дней всех лет, для которых есть данные, рассчитывается степень принадлежности ситуации к различным уровням лавинной опасности. Вычисляется давление лавины на дороге. Приводятся примеры расчёта.*

Ключевые слова: *дорога, лавина, защита, землетрясение, снег, оптимизация.*

Введение

Снежные лавины нередко являются серьёзной угрозой для дорог в горной местности, но далеко не всегда проектировщики располагают необходимой информацией об их сходе в конкретном районе. Так, согласно [1] на общем фоне лавинной опасности выделяются периоды, когда сходят особо мощные лавины, которые достигают мест, до этого считавшихся безопасными. Совершенно не рассмотрена возможность схода сейсмогенных лавин, хотя, например, уаскаранская лавина, вызванная восьмибалльным сейсмическим событием, привела к очень тяжёлым последствиям [2]. Подобное положение не может быть признано приемлемым уже хотя бы потому, что имеет место реальная угроза для жизни людей. Кроме того, противолавинные мероприятия весьма затратны, и выбор оптимальной концепции противолавинной защиты очень важен, так как с одной стороны он предотвращает чрезмерные затраты на соответствующие работы, а с другой – обеспечивает приемлемый уровень безопасности. Причём, для проектировщиков важен не только текущий риск возникновения опасных явлений, но и их вероятные параметры, поскольку это определяет выбор соответствующей защиты.

Следует отметить, что согласно некоторым строительным нормам и правилам, например, [3] возможную изменчивость метеорологической и сейсмической обстановки в будущем необходимо учитывать при проектировании различных объектов.

Таким образом, разработка методологии оптимизации защиты от снежных лавин представляет определённый научно-практический интерес.

Методология оптимизации концепции защиты дорог от лавин

Метеообстановка и рельеф в большинстве случаев хорошо известны в каждом регионе. Однако лавины могут отсутствовать в течение всего периода наблюдений, что затрудняет оценку их возможных воздействий на дороги.

Поскольку исходные данные меняются случайным образом, то есть для одних и тех же дней, относящихся к разным годам, входная информация для прогностических программ неодинакова, и различия носят стохастический характер, необходимо выполнять статистическую обработку выборки результатов нечётких вычислений.

По приведённой в [4] технологии можно получать результаты в виде нечётких высказываний «возможен», «ожидается», «нелавиноопасно». При этом термин

«нелавиноопасно» соответствует вероятности схода лавины, не превышающей 0,001, термин «возможен» - вероятности схода лавины, лежащей в пределах от 0,001 до 0,9, и термин «ожидается» - вероятности схода лавины, большей, чем 0,9.

Учёт сейсмической нагрузки несколько выполняется следующим образом. Как показывает математическое моделирование, лавинная опасность при землетрясении такая же, как и без него, если вместо h и q использовать величины

$$h_s = h + p_{el} \{ k_s [h - (1 - k_\rho k_e) h_{430}] - h \}, \quad (1)$$

$$q_s = q + p_{el} q_e, \quad (2)$$

где h_{430} - толщина слоя снега, начинающегося у поверхности Земли, плотностью больше 430 кг/м³, p_{el} - вероятность землетрясения интенсивностью I баллов по шкале MSK - 81 в течение конкретных суток,

$$k_\rho = \frac{2}{\pi} \arctg \left\{ 0,0000149 \cdot \left[I \cdot \left(\frac{910}{\rho_{430}} \right) \right]^{6,906} \right\}, \quad (3)$$

$$k_e = \frac{2}{\pi} \arctg (3,972 \cdot 10^{-9} \cdot I^{9,438}), \quad (4)$$

$$k_s = \begin{cases} 1 & \text{при } I < 5 \\ 1 + 0,2(I - 5) & \text{при } 5 \leq I < 8 \\ 1 + 0,32(I - 5) & \text{при } I \geq 8 \end{cases}, \quad (5)$$

$$q_s = \begin{cases} 0 & \text{при } I < 5 \\ 4,4(I - 5) & \text{при } 5 \leq I < 8 \\ 16,2(I - 5) & \text{при } I \geq 8 \end{cases}, \quad (6)$$

где I - интенсивность землетрясения на поверхности Земли по шкале MSK - 81, описание которой приведено в [5], ρ_{430} - средняя плотность слоя снега, начинающегося у поверхности Земли и имеющего плотность > 430 кг/м³.

Для каждого очага на каждую дату создаётся база метеоданных. Кроме того, для зон зарождения и транзита разрабатывается база данных по рельефу. По ним для всех дней всех лет, для которых есть данные, рассчитывается степень принадлежности ситуации к различным уровням лавинной опасности.

Для каждого дня тех лет, по которым есть необходимые данные вычисляются степени принадлежности обстановки и лавиноопасным ситуациям, из которых, разумеется, выбирается наиболее опасная. Кроме того, для него методом Монте-Карло разыгрывается сход лавины. Для этого используется случайное число ξ_1 , равномерно распределённое в интервале [0, 1]. Если сход лавины не ожидается, то независимо от величины ξ_1 считается, что лавина отсутствовала. Если по прогнозу сход лавины ожидается, то каким бы ни было ξ_1 , предполагается, что лавина сошла. Если лавина возможна, то при $\xi_1 < 0,5$ считается, что лавина возникла, а при $\xi_1 \geq 0,5$ - что её не было.

Если при моделировании ситуации получается, что лавина сошла, то далее определяется её объём. Предполагается, что он для всех вариантов прогноза является случайной величиной, равномерно распределённой в указанном интервале. Например, если снег находится в неустойчивом состоянии, возможен сход лавин значительного объёма с очисткой от 10 до 50 % площади очага, и количество снега в очаге равно V_c , то плотность вероятности объёма лавины имеет вид:

$$f(V_n) = \begin{cases} 0 & \text{при } V_n < 0,1V_c \\ \frac{2,5}{V_c} & \text{при } 0,1V_c < V_n < 0,5V_c \\ 0 & \text{при } V_n > 0,5V_c \end{cases}, \quad (7)$$

где $f(V_n)$ - плотность вероятности объёма лавины, V_n - объём лавины.

На конкретной реализации объём лавины вычисляется по формуле

$$V_{лк} = 0,1V_c + 0,4\xi_2 V_c,$$

где ξ_2 - случайное, равномерно распределённое в интервале [0, 1], $V_{лк}$ - объём лавины на конкретной реализации.

По заданному рельефу, свойствам снега и объёму лавины по методике, описанной в [6], вычисляется давление лавины на дороге. Оно имеет стохастический характер. Кроме того, только очень ограниченная выборка может быть реально получена.

Возникновение снежных лавин зависит от многих параметров. Поэтому здесь вполне применима центральная предельная теорема [7, 8], в соответствии с которой достаточно большая сумма сравнительно малых случайных величин распределена приближенно по нормальному закону.

В то же время давление лавины не может принимать отрицательные значения. Поэтому соответствующая плотность вероятности определена в интервале $[0, \infty]$. В связи с этим представляется целесообразным применение усеченного нормального распределения. Его параметры вычисляются следующим образом. Сначала рассчитываются математическое ожидание и среднее квадратичное отклонение элементов выборки давлений лавины на объект:

$$a_p = \left(\sum_{i=1}^n p_i \right) / n, \quad (8)$$

где a_p – математическое ожидание давления лавины на объект, n – объём выборки, p_i – давление лавины на объект на i -ой реализации,

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_p - x_i)^2}{n-1}}, \quad (9)$$

где σ_p – среднее квадратичное отклонение давления лавины на объект.

Затем плотность вероятности значений p отыскивается в виде

$$p(x) = \frac{b}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}}, \quad (10)$$

где b – коэффициент, который всегда больше единицы; его величина определяется из условия

$$\int_0^{\infty} p(x) dx = 1.$$

В этом случае

$$b = \frac{1}{\int_0^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-a)^2}{2\sigma^2}} dx}. \quad (11)$$

После того, как плотности вероятности давления лавины построены для каждой даты, вычисляются вероятности превышения

этим давлением допустимой для дороги нагрузки для всех дней года.

Вероятность того, что давление лавины выйдет за допустимые значения в пределах одних суток в году равна

$$q_1 = \left[1 - \prod_{i=1}^n (1 - \zeta_i) \right], \quad (12)$$

где q_1 – вероятность того, что давление лавины выйдет за допустимые значения в пределах одних суток в году, ζ_i – вероятность того, что давление на дорогу превысит допустимое в пределах i -ой даты, n – число дат, когда сход лавин имел место.

Относительная длительность простоя дороги в течение года оценивается следующим образом:

$$\delta_{\Pi} = \frac{\tau_{\Pi}}{\tau_3} = \frac{[\max(q_1, 2q_1^2, 2q_1^3, \dots, mq_1^m)]}{365}, \quad (13)$$

где τ_{Π} – длительность простоя дороги за заданный период эксплуатации, сутки; m – число дней в году, когда сход снежных лавин ожидается или возможен, τ_3 – заданный период эксплуатации, δ_{Π} – относительная длительность простоя дороги в течение одного года.

Максимум функции xa^x при $x > 0$ и $a < 0$ достигается при

$$x = -(\ln a)^{-1}. \quad (14)$$

В качестве примера можно привести расчёт при следующих исходных данных. Доступна информация за 5 лет. Она иллюстрируется таблица 1 – таблица 5, содержащими соответствующие данные наблюдений. Во время дней, отсутствующих в таблицах, снежного покрова на склоне не было. Профиль лавинного очага показан на рисунке 1. Его ширина составляет 20 м. Допустимое давление на дороге равно 560 Па, а допустимая относительная длительность простоя дороги составляет 0,005. Возможно восьмибальное землетрясение 1 раз в 100 лет.

Таблица 1 – Данные за первый год наблюдений

Дата	τ	q	o	v	h	t_{24}	j	ξ_1	Сход лавины по стохастическому прогнозу	ξ_2	V_n	p_n
11.01	16	1,5	-	5	0,01	-3	1	-	-	-	-	-
12.01	40	2	-	7	0,02	-4	1	-	-	-	-	-
13.01	64	-	-	7	0,02	-3	1	-	-	-	-	-
14.01	88	5	1	2	0,06	-8	1	-	-	-	-	-

Продолжение Таблицы 1

15.01	112	10	2	3	0,15	-1	1	-	-	-	-	-
16.01	136	3	1	7	0,14	-5	1	-	-	-	-	-
17.01	160	-	-	2	0,13	-2	1	-	-	-	-	-
18.01	184	-	-	4	0,13	-4	1	-	-	-	-	-
19.01	208	-	-	3	0,12	-4	1	-	-	-	-	-
20.01	232	15	3	6	0,25	-7	3	0,89	Да	0,91	232	926
21.01	256	5	1	7	0,27	-2	3	0,75	Да	0,63	190	925
22.01	280	0	-	6	0,26	-4	3	0,45	-	0,76	-	-
23.01	304	0	-	7	0,24	-1	3	0,08	-	0,12	-	-
24.01	328	0	-	8	0,23	-5	3	0,68	Да	0,35	193	925
25.01	352	2	-	7	0,24	-11	3	0,15	-	-	-	-
26.01	376	0	-	4	0,22	-5	2	0,19	-	-	-	-
27.01	400	0	-	7	0,19	-1	1	-	-	-	-	-
28.01	424	0	-	3	0,15	3	1	-	-	-	-	-
29.01	448	0	-	4	0,1	12	1	-	-	-	-	-
30.01	472	0	-	6	0,04	14	1	-	-	-	-	-

Таблица 2 – Данные за второй год наблюдений

Дата	τ	q	o	v	h	t_{24}	j	ξ_1	Сход лавины по стохастическому прогнозу	ξ_2	$V_{л}$	$\rho_{л}$
14.01	16	1,1	-	15	0,01	-4	1	-	-	-	-	-
15.01	40	2,2	-	8	0,02	-5	1	-	-	-	-	-
16.01	64	-	-	2	0,01	-1	1	-	-	-	-	-
17.01	88	4	1	1	0,07	-2	1	-	-	-	-	-
18.01	112	4	1	0	0,06	-3	1	-	-	-	-	-
19.01	136	3	1	7	0,04	-2	1	-	-	-	-	-
20.01	160	-	-	3	0,03	-1	1	-	-	-	-	-
21.01	184	-	-	5	0,03	-1	1	-	-	-	-	-
22.01	208	-	-	1	0,02	-2	1	-	-	-	-	-
23.01	232	50	3	0	0,55	-1	5	-	-	0,37	753	927
24.01	256	3	1	1	0,37	7	3	0,22	-	-	-	-
25.01	280	0	-	2	0,21	14	2	0,58	Да	0,84	35,3	925
26.01	304	0	-	3	0,20	-1	1	-	-	-	-	-
27.01	328	0	-	1	0,19	-5	1	-	-	-	-	-
28.01	352	1	-	9	0,19	-11	1	-	-	-	-	-
29.01	376	0	-	2	0,18	-5	1	-	-	-	-	-
30.01	400	0	-	1	0,16	-1	1	-	-	-	-	-
31.01	424	0	-	1	0,15	3	1	-	-	-	-	-
01.02	448	0	-	4	0,1	11	1	-	-	-	-	-
02.02	472	0	-	7	0,04	13	1	-	-	-	-	-

Таблица 3 – Данные за третий год наблюдений

Дата	τ	q	o	v	h	t_{24}	j	ξ_1	Сход лавины по стохастическому прогнозу	ξ_2	$V_{л}$	$\rho_{л}$
10.01	16	1,1	-	15	0,01	-4	1	-	-	-	-	-
11.01	40	2,2	-	8	0,02	-5	1	-	-	-	-	-
12.01	64	-	-	2	0,02	-1	1	-	-	-	-	-
13.01	88	4	1	1	0,06	-2	1	-	-	-	-	-
14.01	112	1	-	0	0,06	-3	1	-	-	-	-	-
15.01	136	1	-	7	0,04	-2	1	-	-	-	-	-
16.01	160	-	-	3	0,03	-1	1	-	-	-	-	-
17.01	184	-	-	5	0,02	-1	1	-	-	-	-	-

Продолжение Таблицы 3

18.01	208	-	-	1	0,02	-2	1	-	-	-	-	-
19.01	232	-	-	10	0,02	-4	1	-	-	-	-	-
20.01	256	-	-	6	0,01	-1	1	-	-	-	-	-
21.01	280	-	-	12	0,01	-4	1	-	-	-	-	-
22.01	304	-	-	3	0,01	-1	1	-	-	-	-	-
23.01	328	56	3	0	0,51	-1	5	-	-	0,31	668	927
24.01	352	1	-	1	0,38	7	3	0,73	Да	0,81	322	926
25.01	376	0	-	2	0,20	14	2	0,71	Да	0,50	20	924
26.01	400	0	-	1	0,14	-1	1	-	-	-	-	-
27.01	424	0	-	1	0,14	3	1	-	-	-	-	-
28.02	448	0	-	4	0,12	10	1	-	-	-	-	-
29.02	472	0	-	7	0,07	11	1	-	-	-	-	-

Таблица 4 – Данные за четвёртый год наблюдений

Дата	T	q	o	v	H	t ₂₄	j	ξ ₁	Сход лавины по стохастическому прогнозу	ξ ₂	V _л	ρ _л
09.01	16	1,1	-	15	0,01	-3	1	-	-	-	-	-
10.01	40	2,2	-	8	0,02	-5	1	-	-	-	-	-
11.01	64	-	-	2	0,02	-0.5	1	-	-	-	-	-
12.01	88	4	1	1	0,06	-1	1	-	-	-	-	-
13.01	112	1	-	0	0,06	-1	1	-	-	-	-	-
14.01	136	1	-	7	0,04	-2	1	-	-	-	-	-
15.01	160	-	-	3	0,03	-4	1	-	-	-	-	-
16.01	184	-	-	5	0,02	-3	1	-	-	-	-	-
17.01	208	-	-	1	0,02	-1	1	-	-	-	-	-
18.01	232	-	-	10	0,02	-1	1	-	-	-	-	-
19.01	256	-	-	6	0,01	-3	1	-	-	-	-	-
20.01	280	-	-	12	0,01	-6	1	-	-	-	-	-
21.01	304	-	-	3	0,01	-4	1	-	-	-	-	-
22.01	328	-	-	7	0,01	-8	1	-	-	-	-	-
23.01	352	-	-	3	0,01	-3	1	-	-	-	-	-
24.01	376	-	-	5	0,01	-2	1	-	-	-	-	-
25.01	400	53	3	0	0,52	-2	5	-	-	0,44	749	927
26.01	424	1	-	1	0,32	8	3	0,14	-	-	-	-
27.02	448	0	-	2	0,21	12	2	0,30	-	-	-	-
28.02	472	0	-	7	0,07	12	1	-	-	-	-	-

Таблица 5 – Данные за пятый год наблюдений

Дата	T	q	o	v	h	t ₂₄	j	ξ ₁	Сход лавины по стохастическому прогнозу	ξ ₂	V _л	ρ _л
09.01	16	1,4	-	1	0,01	-3	1	-	-	-	-	-
10.01	40	2,1	-	18	0,02	-5	1	-	-	-	-	-
11.01	64	-	-	3	0,02	-0.5	1	-	-	-	-	-
12.01	88	4,2	1	2	0,06	-1	1	-	-	-	-	-
13.01	112	-	-	1	0,06	-1	1	-	-	-	-	-
14.01	136	-	-	3	0,04	-2	1	-	-	-	-	-
15.01	160	-	-	6	0,03	-4	1	-	-	-	-	-
16.01	184	-	-	1	0,02	-3	1	-	-	-	-	-
17.01	208	-	-	11	0,02	-1	1	-	-	-	-	-
18.01	232	-	-	12	0,02	-1	1	-	-	-	-	-
19.01	256	-	-	5	0,01	-3	1	-	-	-	-	-

Продолжение Таблицы 5

20.01	280	-	-	2	0,01	-6	1	-	-	-	-	-
21.01	304	-	-	1	0,01	-4	1	-	-	-	-	-
22.01	328	-	-	2	0,01	-8	1	-	-	-	-	-
23.01	352	-	-	1	0,01	-3	1	-	-	-	-	-
24.01	376	-	-	6	0,01	-2	1	-	-	-	-	-
25.01	400	3,2	1	2	0,03	-2	1	-	-	-	-	-
26.01	424	1	-	2	0,02	-4	1	-	-	-	-	-
27.02	448	0	-	1	0,01	-3	1	-	-	-	-	-
28.02	472	0	-	6	0,01	1	1	-	-	-	-	-

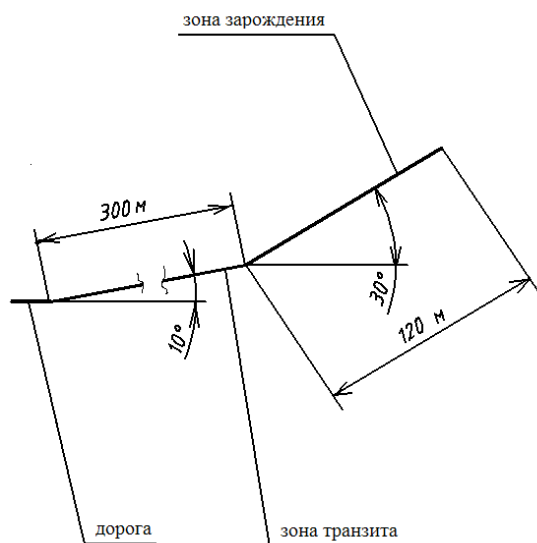


Рис. 1. Расположение дороги и лавинного очага

Применяются обозначения: t – время в течение которого снег находится на склоне, часы; q – сумма осадков за последние сутки, мм; o – интенсивность осадков за последние 3 часа, мм/час; v – максимальный за сутки порыв ветра, м/с; h – толщина снега на склоне, м; t_{24} – среднесуточная температура воздуха, °C; j – код лавинной опасности; $V_{л}$ – объём лавины, м³; $p_{л}$ – давление лавины, Па; ξ_1 и ξ_2 – случайные числа, равномерно распределённые в интервале [0;1].

Полученные исходные данные для статистического анализа иллюстрируются таблицей 6. Через p_1, p_2, \dots, p_5 обозначены давления лавины в заданный день соответствующего года наблюдения (например, p_1 – давление лавины в первый год наблюдений). Вероятность того, что давление лавины выйдет за допустимые значения в пределах одних суток в году в данном случае равно 0,9116. Соответственно $\delta_{п} = 0.0109$, и, поскольку эта величина превышает допустимую, то рекомендуется строительство противолавинных галерей.

Таблица 6 – Исходные данные для статистического анализа и его результаты

Дата	p_1 , Па	p_2 , Па	p_3 , Па	p_4 , Па	p_5 , Па	ζ_i
20.1	926	0	0	0	0	0,2716
21.1	925	0	0	0	0	0,2711
23.1	0	927	927	0	0	0,4622
24.1	925	0	926	0	0	0,2716
25.1	0	925	924	927	0	0,5748

Заключение

Зная реальный уровень лавинной опасности, можно прогнозировать, какую угрозу эти склоновые процессы представляют для конкретной дороги. Соответственно выбирается концепция защиты, например, рекомендуется строительство противолавинных галерей.

Таким образом, разработанные технологии позволяют оптимизировать защиту от снежных лавин и избежать неоправданных потерь, связанных с перебоями движения транспорта или чрезмерными затратами на противолавинные мероприятия.

Библиографический список

1. Войтковский, К. Ф. Лавиноведение / К. Ф. Войтковский. – М.: МГУ, 1989. – 158 с.
2. Поляков, С. В. Последствия сильных землетрясений / С. В. Поляков. – М.: Стройиздат, 1978. – 311 с.
3. Coburn A. Earthquake protection / A. Coburn, R. Spence. – Chichester: John Wiley&Sons Ltd., 1992. – 355 p.
4. Зимин, М. И. Прогнозирование лавинной опасности. Руководящий документ РД 52.37.612-2000 / М. И. Зимин. – Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2000. – 16 с.
5. Ontario's 2006 Building Code. – V. 1. - Toronto: Ministry of Municipal Affairs and Housing, 2008.

6. Зимин, М. И. Прогнозирование опасных процессов на основе бионического подхода и его использование в системах автоматизации проектирования /М. И. Зимин // Естественные и технические науки. – 2011. – № 3. – С. 407 – 414.

7. Колемаев, В. А. Теория вероятностей в примерах и задачах / В. А. Колемаев. – М.: Государственный университет управления, 2001. – 87 с.

8. Пискунов, Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисление/ Н. С. Пискунов. – Т. 2. – М.: Наука, 1978. – 576 с.

SELECTION OF CONCEPT OF ROADS PROTECTION AGAINST AVALANCHES

M. I. Zimin

Abstract. The article dwells upon the conceptual design of antiavalanche protection of roads in highlands. The developed technologies allow to optimize protection against avalanches and avoid unjustified losses. Indeterminate-stochastic analysis is used. Relief, meteorological and seismic factors are taken into account. Weather databases are worked out for each avalanche site on each data. Besides, the relieves' database is developed for zones of origin and transit. According to them, for all years there is calculated a degree of situation's belonging to different levels of avalanche's danger. The avalanche pressure on the road is calculated. Example of analysis is given.

Keywords: road, avalanche, protection, earthquake, snow, optimization.

Reference

1. Voitkovskiy K. F. *Lavinovedenie* [Avalanche studies]. Moscow, MGU, 1989. 158 p.

2. Poljakov, S. V. *Posledstviya sil'nyh zemletrjasenij* [Consequences of strong earthquakes]. Moscow, Strojizdat, 1978. 311 p.

3. Soburn A. *Earthquake protection* / A. Coburn, R. Spence. Chichester: John Wiley&Sons Ltd., 1992. – 355 p.

4. Zimin M. I. *Prognozirovanie lavinnoj opasnosti. Rukovodjashhij dokument RD 52.37.612-2000* [Forecasting of avalanche danger. The leading document RD 52.37.612-2000]. St. Petersburg, Gidrometeoizdat, 2000. 16 p.

5. Ontario's 2006 Building Code. V. 1. - Toronto: Ministry of Municipal Affairs and Housing, 2008.

6. Zimin M. I. *Prognozirovanie opasnyh processov na osnove bionicheskogo podhoda i ego ispol'zovanie v sistemah avtomatizacii proektirovanija* [Forecasting of dangerous processes on the basis of bionic approach and its use in computer-aided engineering systems]. *Estestvennye i tehnicheckie nauki*, 2011, no 3. pp. 407 – 414.

7. Kolemaev V. A. *Teorija verojatnostej v primerah i zadachah* [Probability theory in examples and tasks]. Moscow, Gosudarstvennyj universitet upravlenija, 2001. 87 p.

8. Piskunov N. S. *Differencial'noe i integral'noe ischislenie* [Differential and integrated calculus]. Moscow, Nauka, 1978. 576 p.

Зимин Михаил Иванович (Канада, г. Торонто) – кандидат технических наук, доктор РАН, профессор РАН, инженер(Канада, Торонто, e-mail: ziminz7@yandex.ru).

Zimin Mikhail Ivanovich (Canada, Toronto) – candidate of technical sciences, doctor of the Russian Academy of Natural Sciences, professor of the Russian Academy of Natural Sciences, the engineer (Canada, Toronto, e-mail: ziminz7@yandex.ru).

УДК 681.5:621.878.23-182.38

ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БУЛЬДОЗЕРА С ПОЛУЖЕСТКОЙ ПОДВЕСКОЙ

И. В. Лазута, Е. Ф. Лазута
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. В данной статье приводится математическое описание сложной динамической системы бульдозера с полужесткой подвеской рамы. Автором предложена математическая модель, состоящая из уравнений геометрических связей элементов машины и дифференциальных уравнений перемещения рамы машины и рабочего органа при внешних кинематических и динамических воздействиях. Значительное внимание в представленной математической модели уделяется зависимостям между множеством конструктивных параметров машины.

Ключевые слова: динамика, математическая модель, бульдозер, полужесткая подвеска, дифференциальное уравнение, кинематическая связь.

Введение

Современное развитие машиностроения в Российской Федерации должно соответствовать и даже опережать зарубежные направления в данной области. Для этого необходимо при разработке новых

образцов техники использовать весь научный потенциал высших школ. Современное проектирование строительных и дорожных машин должно опираться как на классические методы расчета конструкции, так и на передовые методы компьютерного

моделирования, анализа и синтеза сложных динамических систем, таких как бульдозерный агрегат. Только так можно повысить конкурентоспособность и эффективность отечественной техники. Поэтому актуальность математического моделирования в области машиностроения не вызывает сомнения.

Математическое описание бульдозера с полужесткой подвеской рамы

При математическом описании бульдозера благодаря допущениям рассматривается минимальное число параметров, оказывающих принципиальное воздействие на изменение динамики базовой машины и рабочего органа [1]. Бульдозер представлен упрощенно в виде многосвязника (рис. 1), содержащего рабочий орган (отвал), навесное оборудование, ходовое оборудование, подвеску ходового оборудования и раму машины [2, 3, 4, 5].

Ходовое оборудование бульдозера, как для правой, так и для левой колеи движется по поверхности, сформированной кромкой рабочего органа [1]:

$$Z_H(t) = Z_{PO}(t - \tau_{L1}); \quad (1)$$

$$\tau_{L1} = L_1/V_{BA}, \quad (2)$$

где Z_H – вертикальная координата не сглаженной обработанной поверхности по колее движения; τ_{L1} – время транспортного запаздывания от кромки рабочего органа до передних опорных катков, V_{BA} – скорость движения машины.

Сглаживающая способность гусеничного ходового оборудования при движении по поверхности, сформированной рабочим органом, как для правой, так и для левой колеи движения заключается в усреднении координат неровностей на площадке контакта, равной расстоянию между передним и задним катком тележки L и описывается уравнением [1]:

$$Z_C(t) = \frac{1}{L} \cdot \int_{t_0}^{t_0+\tau_L} Z_H(t) dt; \quad (3)$$

$$\tau_L = L/V_{BA}, \quad (4)$$

где Z_C – вертикальная координата сглаженных воздействий обработанной поверхности на опорные катки; τ_L – время транспортного запаздывания от передних до задних опорных катков.

Для определения изменения положения опорных катков при изменении вертикальной координаты сглаженной опорной поверхности $Z_C(t)$ воспользуемся методикой Кузина [6]. Будем рассматривать опорные катки в

качестве абсолютно жесткой балки, имеющей следующие координаты Z_A – вертикальное перемещение переднего опорного катка, Z_B – вертикальное перемещение заднего опорного катка (рис. 2).

Рассмотрев изменение положения балки АВ при различных значениях координаты X_0 точки А, Составим систему дифференциальных уравнений в операторной форме, описывающую перемещение катков тележки при вертикальной координате сглаженных воздействий обработанной поверхности $Z_C(t) \geq 0$ и при $Z_C(t) < 0$ [1]:

$$Z_A = \begin{cases} Z_C \left[1 + \frac{k_1}{p} (1 - e^{-\tau_K \cdot p}) - k_2 \cdot e^{-\tau_K \cdot p} \right] n p u Z_C(t) \geq 0; \\ Z_C e^{-\tau_K \cdot p} n p u Z_C(t) < 0; \end{cases} \quad (5)$$

$$Z_B = \begin{cases} Z_C e^{-\tau_K \cdot p} n p u Z_C(t) \geq 0; \\ Z_C \left[k_3 \cdot e^{-\tau_K \cdot p} + \frac{k_4}{p} (e^{-\tau_K \cdot p} - e^{-\tau_L \cdot p}) + e^{-\tau_L \cdot p} \right] n p u Z_C(t) < 0; \end{cases} \quad (6)$$

$$k_1 = \frac{V_{BA}}{L - l_K}; k_2 = \frac{l_K}{L - l_K}; k_3 = -\frac{L - l_K}{l_K};$$

$$k_4 = \frac{V_{BA}}{l_K}; \tau_K = \frac{l_K}{V_{BA}}; \tau_L = \frac{L}{V_{BA}}, \quad (7)$$

где k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты передачи; τ_K – время транспортного запаздывания от переднего опорного катка до точки опрокидывания; τ_L – время транспортного запаздывания от переднего до заднего опорного катка, p – оператор Лапласа.

При математическом описании динамических свойств полужесткой подвески рамы машины применяется расчетная схема (рис. 3). Подвеска бульдозера в виде упруго-вязкого элемента с приведенными коэффициентами жесткости $c_{пн}$ и вязкого трения $b_{пн}$ (элемент Кельвина-Фохта) воспринимает силу реакции грунта на рабочий орган, вызывая его заглубление или выглубление и перемещения рамы через навесное оборудование.

Для вертикальных перемещений точки подвески, как для правой, так и для левой стороны рамы воспользуемся принципом Даламбера для одномассовой колебательной системы [1, 7]:

$$F_P = F_{cпн} + F_{bпн} + F_Z, \quad (8)$$

где F_P – сила, действующая на элемент подвески со стороны подрессоренной массы БА; $F_{cпн}$ – сила сопротивления упругого элемента подвески; $F_{bпн}$ – сила сопротивления вязкого элемента подвески; F_Z

– сила, прикладываемая к раме через навесное оборудование от вертикальной составляющей силы реакции грунта на рабочий орган F_{ZPO} .

Сила, действующая на элемент подвески со стороны подрессоренной рамы, вычисляется исходя из пропорционального распределения массы рамы M_P между левой и правой стороной машины [1]:

$$F_P = \frac{1}{2} M_P \left(\frac{L - l_K}{L} \right) \frac{d^2 Z_{II}}{dt^2}. \quad (9)$$

Силы, возникающие при деформации упруго-вязкого элемента подвески Δ_Z , как для правой, так и для левой стороны рамы машины:

$$F_{cnn} = c_{nn} \cdot \Delta_Z; \quad (10)$$

$$F_{bnn} = b_{nn} \cdot \frac{d\Delta_Z}{dt}, \quad (11)$$

$$\Delta_Z = Z_A - Z_{II}. \quad (12)$$

Сила, прикладываемая к правой и левой стороне рамы машины через навесное оборудование от рабочего органа, вычисляется через плечи сил относительно заднего опорного катка [1]:

$$F_Z = \frac{F_{Zpp}(L_1 + L)}{2L}. \quad (13)$$

После подстановки выражений (9 – 13) в уравнение (8) и выполнения некоторых преобразований получим:

$$\begin{aligned} \frac{M_P}{2} \left(\frac{L - l_K}{L} \right) \frac{d^2 Z_{II}}{dt^2} + b_{nn} \frac{dZ_{II}}{dt} + c_{nn} Z_{II} = \\ = c_{nn} Z_A + b_{nn} \frac{dZ_A}{dt} + \frac{F_{Zpp}(L_1 + L)}{2L}. \end{aligned} \quad (14)$$

В операторном виде уравнение (14) запишется в виде:

$$(T_{1n}^2 \cdot p^2 + T_{2n} \cdot p + 1) \cdot Z_{II} = Z_A (1 + T_{2n} \cdot p) + k_{1n} \cdot F_{Zpp}, \quad (15)$$

где T_{1n} и T_{2n} – постоянные времени динамической системы; k_{1n} – коэффициент передачи.

Продольные и поперечные колебания рамы бульдозера оказывают непосредственное воздействие на положение рабочего органа, так как он жестко связан с рамой навесным оборудованием. Пространственная расчетная схема бульдозера (рис. 1) позволяет выявить нужные уравнения геометрических связей [1]:

$$Z_{PO} = (Z_{POП} + Z_{POЛ}) / 2; \quad (16)$$

$$\beta_{PO} = \arctg((Z_{POП} - Z_{POЛ}) / L_2); \quad (17)$$

$$Z_{POП} = Z_K + (L_1 + l_K) \cdot \tg \alpha_{BA} + \frac{L_2}{2} \cdot \tg \beta_{BA} + S_{ШТП} \cdot K_{gz}; \quad (18)$$

$$Z_{POЛ} = Z_K + (L_1 + l_K) \cdot \tg \alpha_{BA} - \frac{L_2}{2} \cdot \tg \beta_{BA} + S_{ШТП} \cdot K_{gz}. \quad (19)$$

$$K_{gz} = \cos \theta \cdot l_B / l_{PO}, \quad (20)$$

$$\beta_{BA} = \arctg((Z_{ВП} - Z_{ВЛ}) / L_2); \quad (21)$$

$$Z_K = Z_{П} - \tg \alpha_{BA} \cdot l_K = Z_{П} - l_K ((Z_{П} - Z_B) / L); \quad (22)$$

$$\alpha_{BA} = \arctg((Z_{П} - Z_B) / L), \quad (23)$$

$$Z_{П} = (Z_{ПП} + Z_{ПЛ}) / 2; \quad (24)$$

$$Z_B = (Z_{ВП} + Z_{ВЛ}) / 2, \quad (25)$$

где α_{BA} – угол продольного наклона рамы машины относительно оси X_0 , β_{BA} – угол поперечного наклона рамы машины, $S_{ШТП}$ и $S_{ШТЛ}$ – перемещение штока правого и левого гидроцилиндра соответственно, L – расстояние от передних до задних опорных катков (опорная база машины), L_1 – расстояние от кромки рабочего органа до передних опорных катков; L_2 – ширина базы машины, l_K – расстояние от передних опорных катков до центра масс машины, $Z_{ПП}$ и $Z_{ПЛ}$ – координата переднего правого и переднего левого края подрессоренной рамы, $Z_{ВП}$ и $Z_{ВЛ}$ – координата заднего правого и заднего левого опорного катка, K_{gz} – коэффициент передачи навесного оборудования от выдвигания штока гидроцилиндра, θ – угол наклона гидроцилиндра к оси Z_0 , l_B – горизонтальное расстояние от шаровой опоры бруса до кромки рабочего органа, l_{PO} – горизонтальное расстояние от шаровой опоры бруса до точки крепления гидроцилиндра к навесному оборудованию.

Выражения (15) и (21-23) позволяют составить структурную схему математической модели вертикальных и угловых перемещений рамы бульдозера при внешних кинематических и динамических воздействиях (рис. 4) [8]. Таким образом, разработанная математическая модель трехточечной подвески рамы бульдозера может применяться как для полужестких, так и для жестких ходовых систем промышленных тракторов.

Общая математическая модель бульдозера с полужесткой подвеской рамы может быть представлена в виде блок-схемы (рис. 5) [8]. Модель позволяет учитывать множество конструктивных особенностей машины при изучении её динамических свойств и процесса формирования обрабатываемой поверхности рабочим органом.

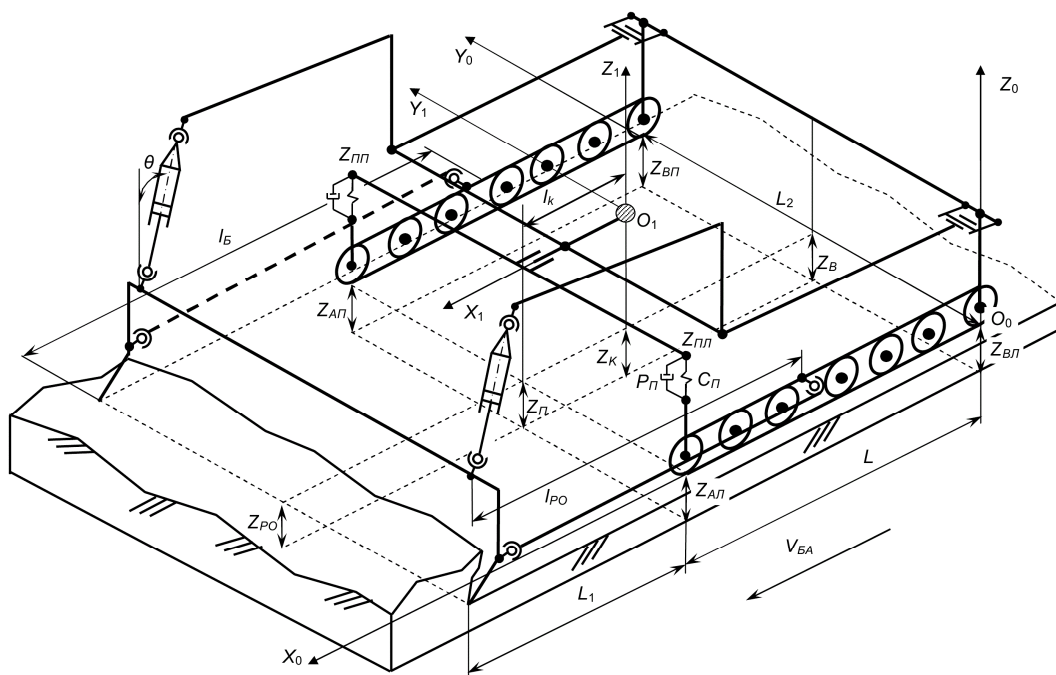


Рис. 1. Пространственная расчетная схема бульдозера

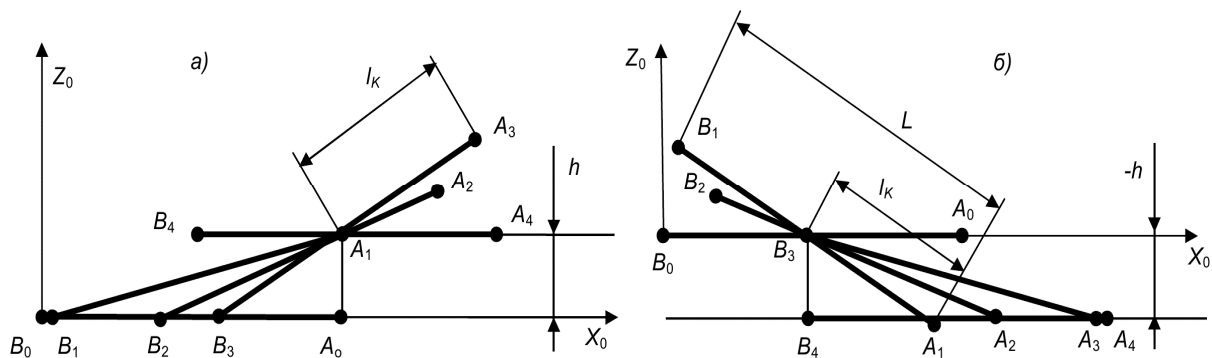


Рис. 2. Расчетные схемы перемещение опорных катков:
а) при наезде на ступенчатую неровность; б) при съезде со ступенчатой неровности

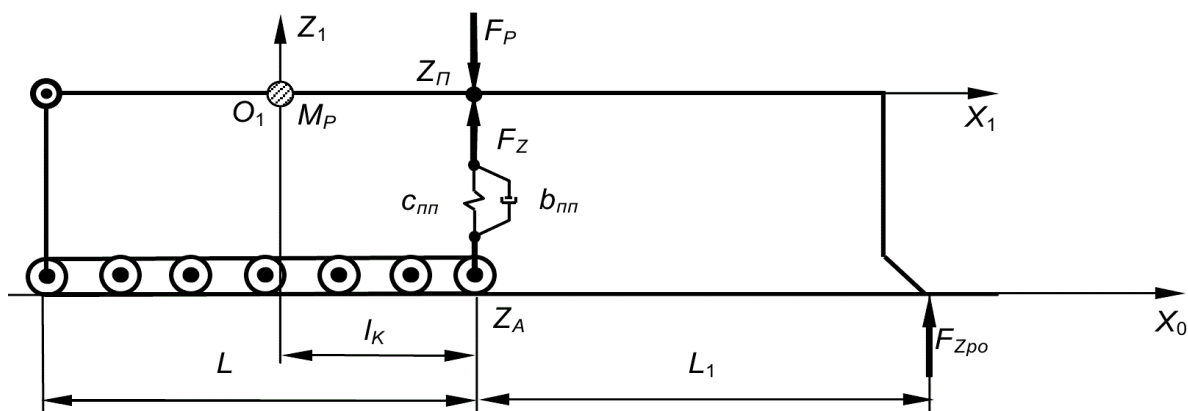


Рис. 3. Расчетная схема полужесткой подвески рамы бульдозера

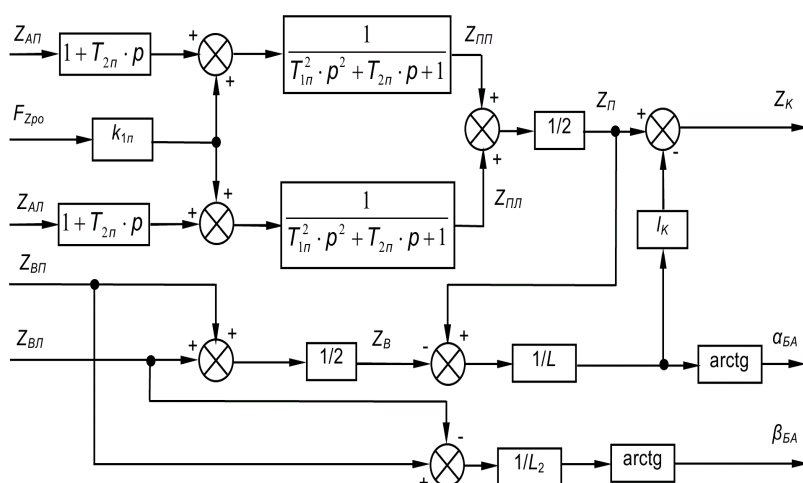


Рис. 4. Структурная схема математической модели перемещений рамы бульдозера

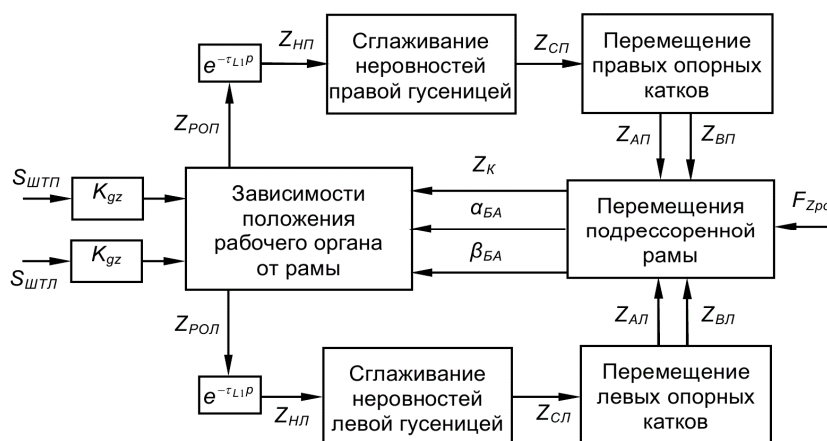


Рис. 5. Структурная схема математической модели бульдозера с полужесткой подвеской

Заключение

Таким образом, полученные аналитические зависимости и схемы математической модели бульдозера с полужесткой подвеской рамы могут быть с некоторой степенью точности использованы для решения задач компьютерного моделирования, анализа и синтеза конструктивных параметров машины на стадии её проектирования.

Библиографический список

1. Лазута, И. В. Автоматизация проектирования основных параметров устройства управления рабочим органом бульдозерного агрегата: монография / И. В. Лазута, В. С. Щербаков, Е. Ф. Денисова. – Омск: СибАДИ, 2012. – 128 с.
2. Болотов, А. К. Конструкция тракторов и автомобилей: учебное пособие / А. К. Болотов, А. А. Лопарев, В. И. Судницин. – М.: КолосС, 2006. – 352 с.
3. Гаврилов, К. Л. Дорожно-строительные машины иностранного и отечественного производства: устройство, диагностика и ремонт:

- научно-производственное издание / К. Л. Гаврилов, Н. А. Забара. – М.: Майор, 2006. – 480 с.
4. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства: учебник / Г. М. Кутьков. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Инфра-М, 2014. – 506 с.
5. Челябинский тракторный завод «ЧТЗ-УРАЛТРАК»: [Электронный ресурс]. М., 2005 - 2012. URL: <http://chtz-uraltrac.ru/>. (Дата обращения: 19.10.2014).
6. Кузин, Э. Н. Повышение эффективности землеройных машин непрерывного действия на основе увеличения точности позиционирования рабочего органа: дис. ... доктора техн. Наук / Э.Н. Кузин. – М., ВНИИ Стройдормаш, 1984. – 446 с.
7. Дементьев, Ю. В. САПР в автомобиле- и тракторостроении: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Ю.В. Дементьев, Ю.С. Щетинин; ред. В. М. Шарипов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 224 с.
8. Щербаков, В. С. Составление структурных схем землеройно-транспортных машин как объектов автоматизации: учебное пособие / В.С. Щербаков. – Омск: Изд-во СибАДИ, 2001. – 47 с.

A DYNAMIC MODEL OF A BULLDOZER WITH A SEMI-RIGID SUSPENSION

I. V. Lazuta, E. F. Lazuta

Abstract. This article provides a mathematical description of a complex dynamic system of a bulldozer with a semi-rigid frame's suspension. The authors have proposed a mathematical model that consists of geometric relations' equations of the machine elements and differential equations of moving machine frame and operating device under external kinematic and dynamic impacts. The considerable attention in the presented mathematical model is paid to the dependencies between varieties of machine's structural parameters.

Keywords: dynamics, mathematical model, bulldozer, semi-rigid suspension, differential equation, kinematic connection.

References

1. Lazuta I. V. *Avtomatizatsiya proektirovaniya osnovnykh parametrov ustroystva upravleniya rabochim organom bul'dozernogo agregata* [Computer-aided engineering of basic parameters of the unit controlling operating device of a bulldozer]. Omsk, SibADI Publ., 2012. 128 p.
2. Bolotov A. K., Sudnitsyn V. I., Loparev A. A. *Konstruktsiya traktorov i avtomobiley* [The structure of tractors and automobiles]. Moscow, KolosS Publ., 2006. 352 p.
3. Gavrilov K. L., Zabara N. A. *Dorozhno-stroitel'nye mashiny inostrannogo i otechestvennogo proizvodstva: ustroystvo, diagnostika i remont* [Road construction machinery of foreign and domestic production: device, diagnostics and repair]. Moscow, Mayor Publ., 2006. 480 p.
4. Kutkov G. M. *Traktory i avtomobili. Teoriya i tekhnologicheskie svoystva* [Tractors and automobiles. The theory and technological properties]. Moscow, Infra-M Publ., 2014. 506 p.
5. Chelyabinskii traktornyj zavod «ChTZ-URALTRAK» [Chelyabinsk Tractor Plant "ChTZ-

Uraltrak"]. URL: <http://chtz-uraltrac.ru/> (accessed: 19.10.2014).

6. Kuzin E. N. *Povyshenie effektivnosti zemleroynykh mashin nepreryvnogo deystviya na osnove uvelicheniya tochnosti pozitsionirovaniya rabocheho organa*. Diss. dokt. tekhn. nauk [Improving the efficiency of continuously working earthmoving machines on the basis of increasing the accuracy of positioning operating device]. Moscow, VNII Stroydormash Publ., 1984. 446 p.

7. Dementiev Y. V., Shchetinin Y.S. *SAPR v avtomobile- i traktorostroenii* [CAD system in the motorcar and tractor building]. Moscow, Akademiya Publ., 2004. 224 p.

8. Shcherbakov V. S. *Sostavlenie strukturnykh skhem zemleroyno-transportnykh mashin kak ob'ektov avtomatizatsii* [Structural charting of earthmoving machinens as automation's objects]. Omsk, SibADI Publ., 2001. 47 p.

Лазута Иван Васильевич (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: livne@mail.ru)

Лазута Екатерина Федоровна (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Механика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: denisova_ef@mail.ru)

Lazuta Ivan Vasilievich (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Automation of industrial processes and electrical engineering", of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Russia, Omsk, Mira st., 5, e-mail: livne@mail.ru)

Lazuta Ekaterina Fedorovna (Omsk, Russian Federation) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Mechanics", of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080, Russia, Omsk, Mira st., 5, e-mail: denisova_ef@mail.ru)

УДК 629.424.1

ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ДИЗЕЛЬНЫХ ЛОКОМОТИВОВ НА ЗАДАННОМ УЧАСТКЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ

В. А. Михеев

Омский государственный университет путей сообщения «ОмГУПС», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье показана возможность применения математического моделирования для формирования режимов работы тепловозов и оценки эксплуатационной экономичности дизельной энергетической установки для заданного участка обращения и ожидаемых условий эксплуатации с учетом индивидуальных тягово-энергетических и экономических характеристик локомотивов. Приводятся результаты моделирования распределения времени эксплуатационной работы дизель-генераторной установки тепловоза по позициям контроллера машиниста и ее эксплуатационной экономичности для принятого участка обращения и ожидаемых условий эксплуатации.

Ключевые слова: дизельный локомотив, тяговые расчеты, эксплуатационная экономичность.

Введение

Программа реформирования железнодорожного транспорта связана с разработкой и реализацией комплекса мер, направленных на повышение эффективности использования локомотивного парка. Повышение эксплуатационной эффективности дизельного подвижного состава неразрывно связано с совершенствованием системы технического обслуживания и ремонта. В последнее время отчетливо наметилась тенденция перехода к системе ремонта подвижного состава по состоянию, реализация которой во многом определяется уровнем информационного сопровождения процессов эксплуатации, ремонта, технического контроля и диагностирования.

Показатели эксплуатационной экономичности тепловозов, являются косвенными при оценке технического состояния эксплуатируемого парка. Тем не менее, формирование базы данных по эксплуатируемому парку депо и ее обработка по соответствующим алгоритмам может служить существенной дополнительной информацией при формировании системы ремонта дизельного подвижного состава по состоянию.

В основу математической модели оценки эксплуатационной экономичности дизельных локомотивов положена статистико-аналитическая методика [1 – 2], позволяющая рассчитать величину удельного расхода топлива на технологический процесс перевозки грузов с учетом реальных условий эксплуатации на заданном участке обслуживания. При разработке математической модели использованы основные положения теории локомотивной тяги и результаты экспериментальных исследований режимов работы магистральных тепловозов в грузовом движении.

Формирование режимов работы и оценка экономичности локомотива

Для прогнозирования экономических характеристик дизель-генераторной установки тепловоза в ожидаемых условиях эксплуатации на начальном этапе расчета определяется распределение времени ее эксплуатационной работы по позициям контроллера машиниста.

Принимается, что распределение времени работы дизель-генераторной установки по позициям контроллера машиниста зависит от продолжительности использования тепловоза на каждом из эксплуатационных режимов за время поездки [3]:

$$t_n = t_{дв} + t_{всп}, \tag{1}$$

где $t_{дв}$ – время работы тепловоза в режиме тяги и выбега при движении поезда по участку с постоянной скоростью; $t_{всп}$ – вспомогательное время работы тепловоза, затраченное на режим простоя тепловоза в горячем состоянии, на разгоны и замедления поезда, на переходные процессы, поддерживающие установленную скорость движения.

Время работы тепловоза в режиме тяги и выбега при движении поезда по участку обращения определяется по выражению:

$$t_{дв} = \sum_{i=0}^{n_{пк}} t_{двi} = \sum_{i=0}^{n_{пк}} \sum_{j=1}^j t_{двij}, \tag{2}$$

где $t_{двi}$ – время работы тепловоза на i -ой позиции контроллера машиниста; $t_{двij} = S_j/V_j$ – время движения тепловоза на i -й позиции контроллера машиниста по j -у элементу профиля пути; S_j – длина j -го элемента профиля пути; V_j – установленная скорость движения поезда на j -м элементе профиля пути; $n_{пк}$ – количество позиций контроллера машиниста.

Время движения тепловоза с постоянной скоростью на i -й позиции контроллера машиниста по каждому j -у элементу участка пути определяется из условия равновесия удельных сил, действующих на поезд в режиме тяги и выбега. Величина требуемой касательной силы тяги локомотива (F_{kj}) и соответствующая i -я позиция контроллера машиниста (Π_{kj}), обеспечивающая равномерное движение поезда на каждом j -м элементе профиля пути с учетом заданных скоростей движения, веса и структуры поезда, находятся из условия $f(V) = F_{kj} - W_j = \text{const}$ [4].

Тяговые расчеты с использованием метода равномерных скоростей выполняются приближенным способом, основанным на предположении, что поезд на каждом элементе спрямленного профиля пути движется с постоянной скоростью, при переходе поезда с одного элемента на другой скорость меняется мгновенно [5].

Поскольку математической моделью предусмотрено выполнение тяговых расчетов аналитическим методом решения уравнения движения поезда с использованием ПЭВМ возникает необходимость преобразования графической зависимости силы тяги тепловоза в форму, удобную для

использования на ПЭВМ [6]. Паспортные тяговые характеристики тепловозов представляются в виде гиперболических зависимостей, полученных методами математической статистики.

По значению мощности дизель-генераторной установки на номинальном режиме для всех позиций контроллера машиниста в диапазоне скорости движения от начальной до конструкционной рассчитывается сила тяги тепловоза с определенным шагом с использованием следующего выражения, кН:

$$F_k = 19108 \frac{60 \pi P_{\text{ген}} (0,0247 + 0,0412 P_k + 0,0016 P_k^2) \eta_{\text{мэд}} \eta_{\text{мп}}}{1045V}, \quad (3)$$

На тяговые характеристики тепловоза наносятся ограничения по максимальной касательной силе тяги, по конструкционной скорости движения и по расчетной касательной силе тяги, соответствующей расчетной скорости движения тепловоза. Величина максимальной касательной силы тяги определяется по формуле, кН:

$$F_{\text{сц}} = 1000 P_{\text{сц}} \left(0,0247 + 0,0412 P_{\text{сц}} + 0,0016 P_{\text{сц}}^2 \right) \left(0,118 + \frac{5}{27,5 + V} \right) \quad (4)$$

где $P_{\text{сц}}$ – сцепной вес тепловоза.

Принятый способ определения времени движения тепловоза с поездом по участку при условии постоянства скорости не учитывает времени, затраченного на простой, на разгоны и замедления, на переходные процессы. Распределение времени работы тепловоза в переходных режимах, в режиме разгона и замедления поезда, в режиме стоянок на путях станций депо принимается в соответствии с вероятностным законом

распределения времени работы поездных локомотивов в грузовом движении [7].

Вспомогательное время работы дизель-генераторной установки тепловоза по позициям контроллера машиниста на указанных выше режимах рассчитывается с использованием распределения Пуассона:

$$P_i = 0,557 \frac{0,07^n}{n!} e^{-0,07} + 0,387 \frac{10^n}{n!} e^{-10}, \quad (5)$$

где n – позиция контроллера машиниста.

По результатам расчета формируется режимная карта ведения поезда тепловозом и распределение времени эксплуатационной работы дизель-генераторной установки по позициям контроллера машиниста.

Результаты модельных расчетов для принятых исходных данных представлены на рисунках 1 и 2. Для расчета принят участок обращения Т – В Свердловской железной дороги протяженностью 407 км, состоящий из 160 спрямленных элементов в четном и нечетном направлениях; минимальная скорость движения поезда по участку в четном и нечетном направлении составляет 35 км/ч, максимальная скорость – 80 км/ч; руководящий уклон в четном направлении составляет 4,8 ‰, в нечетном направлении – 4,1 ‰; вес состава, состоящего из четырехосных вагонов на подшипниках качения, в четном направлении – 49050 кН, в нечетном – 51012 кН; время поездки в четном и нечетном направлениях принято в соответствии с данными маршрутов машиниста – 10,2 ч и 9,7 ч соответственно; атмосферные условия – стандартные.



Рис. 1. Распределение времени работы по позициям контроллера в четном направлении

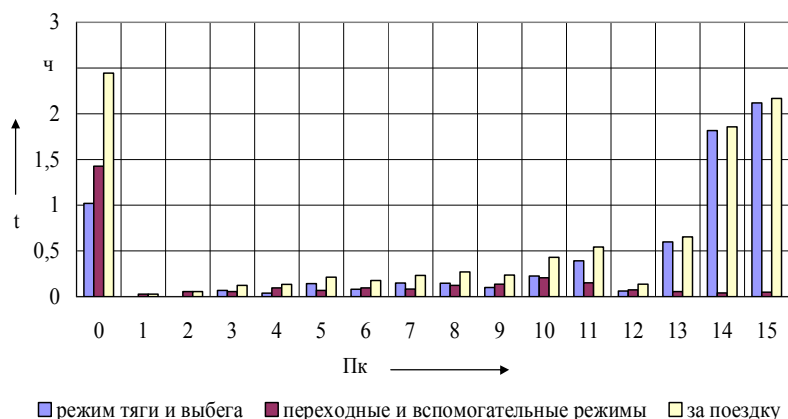


Рис. 2. Распределение времени работы по позициям контроллера в нечетном направлении

Используя сформированное распределение времени эксплуатационной работы дизель-генераторной установки тепловоза по позициям контроллера машиниста, определяется ее эксплуатационная экономичность для заданного участка обращения и ожидаемых условий эксплуатации.

Величина удельного расхода топлива на тягу оценивается величиной расхода топлива на измеритель работы (10^4 ткм):

$$q = \frac{10000B_n}{Q_n L}, \quad (6)$$

где B_n – суммарный расход топлива тепловозом за поездку; L – протяженность участка обслуживания.

Суммарный расход топлива за поездку определяется как сумма расхода топлива при движении тепловоза в режиме тяги и выбега, торможения и вынужденных стоянок:

$$B_n = \sum_{i=0}^{n_{нк}} n_c N_{ei} b_{ei} (t_{двi} + t_{вспi}), \quad (7)$$

где n_c – количество секций тепловоза; N_{ei} – эффективная мощность дизеля тепловоза на i -ой позиции контроллера машиниста; b_{ei} – удельный эффективный расход топлива дизеля тепловоза на i -ой позиции контроллера машиниста.

Значения мощности и удельного эффективного расхода топлива дизеля тепловоза на i -ой позиции контроллера

машиниста целесообразно определять с использованием относительных мощностей и экономических характеристик:

$$N_{ei} = N_{ен} \Delta N_{ei} = N_{ен} (0,00152 \Pi_{ки}^2 + 0,04256 \Pi_{ки} + 0,02042), \quad (8)$$

$$b_{ei} = b_{ен} \Delta b_{ei} = b_{ен} (0,01323 \Pi_{ки}^2 + 0,28405 \Pi_{ки} + 2,28405), \quad (9)$$

где $N_{ен}$, $b_{ен}$ – соответственно эффективная мощность и удельный эффективный расход топлива дизеля тепловоза на номинальном режиме; ΔN_{ei} , Δb_{ei} – соответственно отношение мощности и удельного расхода топлива дизелем на i -ой позиции к номинальному значению.

Величина эффективной мощности и удельного эффективного расхода топлива дизелем определяется по данным последних реостатных испытаний тепловоза, предшествующих модельным расчетам.

Среднеэксплуатационный расход топлива дизель-генераторной установкой представляется отношением количества израсходованного топлива за поездку к выполненной дизелем работе:

$$b_э = \frac{B_n}{A} = \frac{B_n}{\sum_{i=0}^{n_{нк}} N_{ei} (t_{двi} + t_{вспi})}, \quad (10)$$

где A – суммарная работа дизель-генераторной установки тепловоза, кВт·ч.

Результаты расчета для принятых исходных данных представлены в таблице 1 и на рисунках 3 и 4.

Таблица 1 – Показатели эксплуатационной экономичности на заданном участке обращения

Наименование параметра	Обозначение	Направление движения	
		Четное	Нечетное
Работа тепловоза, 10^4 ткм брутто	A_T	203,5	211,6
Работа дизель-генераторной установки, кВт·ч	$A_э$	22808,4	25145,9

Продолжение Таблицы 1

Расход топлива за поездку, кг	B_p	5288,8	6038,2
- в режиме тяги и выбега, кг	$B_{дв}$	4359,0	5299,6
- переходные и вспомогательные режимы, кг	$B_{пер}$	929,8	738,4
Удельный расход топлива, кг/(10 ⁴ ткм брутто)	q_p	25,98	28,54
Среднеэксплуатационная экономичность, кг/(кВт·ч)	$b_{э}^n$	0,464	0,480



Рис. 3. Распределение расхода топлива дизелем тепловоза за поездку по позициям контроллера в четном направлении



Рис. 4. Распределение расхода топлива дизелем тепловоза за поездку по позициям контроллера в нечетном направлении

При задании паспортных значений эффективной мощности и удельного эффективного расхода топлива энергетической установки тепловоза определяются эталонные нормативные значения эксплуатационных экономических показателей:

$$B_{нэ} = B_{двэ} + B_{вспэ}; \quad q_{э} = \frac{10000B_{нэ}}{Q_n L}; \quad b_{эо} = \frac{B_{нэ}}{A_э}, \quad (11)$$

сравнение которых с эксплуатационными показателями будет характеризовать техническое состояние эксплуатируемого локомотива.

Для практического использования в локомотивных депо описанной выше методики и реализующей ее математической модели разработана программа «Форм1». Программа предназначена для расчета величины удельного расхода топлива дизель-

генераторной установкой тепловоза при движении с составом от пункта отправления до пункта назначения с установленными на перегоне скоростями.

Заключение

Рассмотренная выше математическая модель позволяет прогнозировать эксплуатационные тяговые и экономические показатели дизельных локомотивов с учетом их индивидуальных технико-экономических характеристик, полученных при обработке контрольной и статистической информации.

Достоверность математической модели подтверждена сравнением результатов теоретических расчетов расхода топлива с эксплуатационными данными магистральных тепловозов на выбранном участке обращения, расхождение не превышает 7 %.

Библиографический список

1. Сковородников, Е. И. Разработка математической модели для формирования режимов работы и расхода топлива магистральных тепловозов / Е. И. Сковородников, А. В. Чулков, В. А. Михеев, С. И. Ахметов. // Омский научный вестник – 2009. - № 2 (80). – С. 143 – 146.
2. Сковородников, Е. И. Формирование режимных карт ведения поезда тепловозом на заданном участке эксплуатации / Е. И. Сковородников, В. А. Михеев, Ю. Б. Гришина. // Актуальные вопросы современной науки: сборник научных трудов. Выпуск 11. – Новосибирск: Издательств ООО «ЦРНС», 2010. – С. 124 – 129.
3. Михеев, В. А. Расчет времени эксплуатационной работы дизель-генераторной установки тепловоза по позициям контроллера машиниста / В. А. Михеев. // Вестник ИрГТУ. – 2010. - № 2 (42) – С. 142 – 146.
4. Методы оценки технического состояния, эксплуатационной экономичности и экологической безопасности дизельных локомотивов / Под ред. А. И. Володина. – М.: ООО «Желдориздат», 2007. – 264 с.
5. Кузьмич В. Д. Теория локомотивной тяги / В. Д. Кузьмич, В. С. Руднев, С. Я. Френкель; под ред. В. Д. Кузьмича. – М.: Издательство «Маршрут», 2005. – 448 с.
6. Порываева, Д. В. Программный модуль оценки экономических показателей эксплуатации тепловозов / Д. В. Порываева, В. Н. Бурнышева, В. А. Михеев // Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава: материалы Второй Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Омск: ОмГУПС, 2013. – С. 81 – 86.
7. Володин, А. И. Режимы работы ДГУ тепловозов на восточном полигоне железных дорог / А. И. Володин, А. В. Чулков, О. В. Балагин, Хан Рен Ир. // Вестник инж. электромехаников ж.-д. трансп. – Самара: РИО СамГУПС, 2003. – С. 502 – 505.

ASSESSMENT OF OPERATIONAL ECONOMY OF DIESEL LOCOMOTIVES ON THE GIVEN AREA OF SERVICE

V. A. Mikhayev

Abstract. The article dwell on the possibility of using mathematical modeling for formation modes of diesel locomotives' operation and assessment of operational economy of a diesel energy installation for the given area of circulation and expected conditions of operation taking into account individual tractive, energy and economic characteristics of locomotives. There are presented results of modeling time sharing of operational work of a locomotive's diesel generator installation on the positions of master controller and its operational economy for the accepted area of circulation and expected conditions of operation.

Keywords: diesel locomotive, traction calculations, operational economy.

References

1. Skovorodnikov E. I., Chulkov A. V., Miheev V. A., Ahmetov S. I. Razrabotka matematicheskoy modeli dlja formirovaniya rezhimov raboty i rashoda topliva magistral'nyh teplovozzov [Development of mathematical model for forming regimes and fuel consumption of main diesel locomotives]. *Omskij nauchnyj vestnik*, 2009, no 2 (80). pp. 143 – 146.
2. Skovorodnikov E. I., Mikheev V. A., Grishina Y. B. Formirovanie rezhimnyh kart vedeniya poezda teplovozom na zadannom uchastke jekspluatacii [Formation of regime cards of driving a train by locomotive on the given area of operation]. *Aktual'nye voprosy sovremennoj nauki: sbornik nauchnyh trudo*, Novosibirsk, Izdatel'stv ООО CRNS, 2010. pp. 124 – 129.
3. Mikheev V. A. Raschet vremeni jekspluacionnoj raboty dizel'-generatornoj ustanovki teplovoza po pozicijam kontrollera mashinista [Calculation of the operational time of a diesel-generator of a locomotive's installation by the positions of a master controller]. *Vestnik IrGTU*, 2010, no 2 (42). pp. 142 – 146.
4. *Metody ocenki tehničeskogo sostojanija, jekspluacionnoj jekonomičnosti i jekologičeskoy bezopasnosti dizel'nyh lokomotivov* [Methods of assessing technical condition, operational economy and ecological safety of diesel locomotives]. Pod red. A. I. Volodina. Moscow, ООО Zheldorizdat, 2007. 264 p.
5. Kuzmich V. D. *Teorija lokomotivnoj tjagi* [The theory of locomotive traction]. Moscow, Izdatel'stvo Marshrut, 2005. 448 p.
6. Poryvaeva D. V., Burnysheva V. N., Mikheev V. A. Programmnyj modul' ocenki jekonomičeskij pokazatelej jekspluatacii teplovozzov [Program module of assessing economic indexes of operating locomotives]. *Tehnologičeskoe obespechenie remonta i povyštenie dinamicheskij kachestv železnodorozhnogo podvizhnogo sostava: materialy Vtoroj Vserossijskoj nauchno-tehničeskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. Omsk: OmGUPS, 2013. pp. 81 – 86.
7. Volodin A. I., Chulkov A. V., Balagin O. V., Han Ren Ir Rezhimy raboty DGU teplovozzov na vostochnom poligone zheleznyh dorog [Mode of locomotives' diesel generator plant's operation on the east ground of railroads]. *Vestnik inzh. jelektromehaniikov zh.-d. transport*, Samara: RIO SamGUPS, 2003. pp. 502 – 505.

Михеев Владислав Александрович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС). (644046, г. Омск, пр. Карла Маркса, 35, e-mail: Mikhayev_V_A@mail.ru)

Mikheev Vladislav Aleksandrovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor of the department "Railway cars" of Omsk State Transport University (644046, Omsk, Marks ave., 35, e-mail: Mikhayev V A@mail.ru)

РАЗДЕЛ IV

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 338.2

КЛАСТЕРНОЕ РАЗВИТИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ РОССИИ

А. Е. Миллер

Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского, Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье исследованы особенности кластерного развития промышленного сектора экономики. Обоснован реляционный подход к обеспечению устойчивого развития промышленных кластеров. Предложен системный и последовательный подход к стимулированию формирования территориальных кластеров и центров кластерного развития в регионах России.

Ключевые слова: кластерное развитие, промышленность, реляционный подход, инновации, ресурсы

Введение
Целостное видение проблемы формирования методологии исследования кластерного развития в условиях инновационной трансформации современной российской промышленности.

Современные кластерные отношения, связанные с переплетением большого числа социально-экономических, технологических, культурных, политических, организационно-управленческих противоречий, а также с изменениями среды функционирования промышленных организаций, в значительной мере зависят от их взаимодействия с участниками кластерных образований. Такое взаимодействие становится неотъемлемой частью современной экономической жизни. Практические последствия этого явления достаточно велики, особенности для промышленного сектора экономики России. Вместе с тем, следует отметить, что тесные отношения между структурами разного рода существовали всегда. Однако с течением времени доминирующие формы взаимодействия сильно изменились, усложнились и стали более насущными. Возникновение и быстрое развитие процессов взаимодействий можно объяснить теми изменениями, которые происходили в последнее время и значительно повлияли на их внешнюю среду.

Обеспечение устойчивости взаимодействия участников кластера предусматривает мониторинг информационного потока между ними и внешней средой, в том числе и по неформальным каналам. В современных

условиях устойчивость взаимодействия во многом зависит от достоверности и своевременности получения информации. В настоящее время получающий информацию «вторым» гораздо больше подвержен финансовым убыткам, чем первый, даже при наличии в целом одинаковых функциональных характеристик и конкурентных преимуществ.

Обоснование и раскрытие содержания реляционного подхода к исследованию кластерного развития промышленного сектора

С целью объективного исследования кластерного развития промышленного сектора и обеспечения экономически устойчивого развития кластеров предлагается использовать реляционный подход.

Смысловое содержание реляционного подхода исходит из той современной тенденции, что устойчивое развитие промышленных организаций в XXI веке во многом зависит от тесного и стабильного взаимодействия с различными партнерами, как из государственного, так и частного секторов экономики. В современных экономических условиях финансовые связи выступают достаточно мощной защитой от огромного числа отрицательных факторов внешней среды.

С помощью реляционного подхода промышленные организации во многих ситуациях целенаправленно избегают конкурентного противостояния, чтобы защитить и обеспечить прибыльность собственного производства. Устанавливая связи с разными партнерами из

государственного и частного сектора экономики, промышленные организации пытаются сформировать своего рода «зону безубыточности», в целях избежание опасных для себя ситуаций. Другими словами, в рамках реляционного подхода промышленные организации стремятся обеспечить собственное экономически устойчивое развитие на уровне приемлемой доходности производства, а не максимизировать свои финансовые показатели на уровне приемлемого развития. Поэтому реляционный подход к обеспечению экономически устойчивого развития промышленных организаций – участников кластеров – это максимум устойчивости при приемлемом доходе [1].

Методической основой реляционных отношений является положение о том, что они представляют собой по сути одну единственную форму объединения, имеющую свои характерные особенности, которые позволяют рассматривать взаимодействие участников кластера как особый вид деятельности. Главным является то, что речь идет об объединении независимых структур. При этом каждая структура использует собственные ресурсы для достижения конечной стратегической цели. При этом в рамках достижения общих целей каждая из взаимодействующих структур не теряет своей стратегической автономности и преследует индивидуальные интересы (рис. 1).

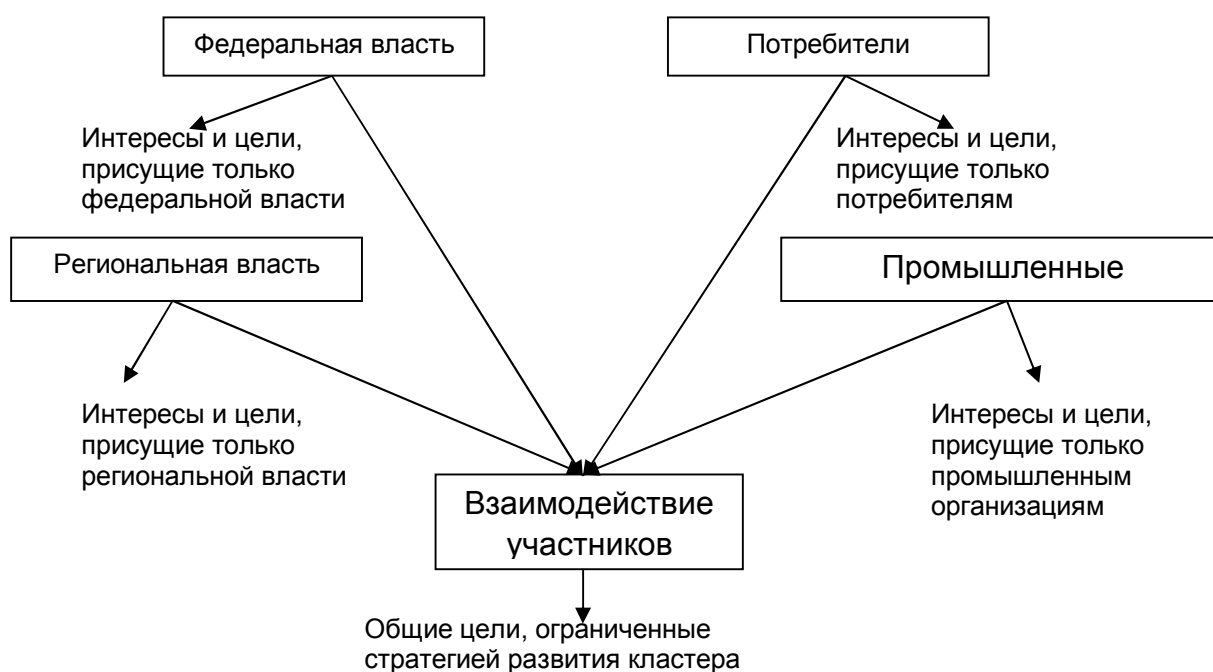


Рис. 1. Схема взаимодействия участников кластера

Целесообразно при оценке состояния промышленных кластеров в Российской Федерации учитывать следующие обстоятельства:

1. Несмотря на то, что кластер – это понятие экономическое и практически независимое по своей природе от государства, в России региональные власти зачастую являются одними из инициаторов формирования кластера. «Портрет» типичного кластера включает также следующие черты: формирование по территориальному или отраслевому признаку, процесс входа участника в кластер (и выхода из него) имеет юридическое

оформление, общая высокая степень взаимодействия со структурами региональной власти [2].

2. Официальная (государственная) информация о кластерах в российской экономике отсутствует. На сайте Росстата отсутствует информация о кластерах в российской экономике. Информацию о кластерах (как пилотных, так и всех прочих) аккумулирует Российская кластерная обсерватория (РКО), созданная на базе Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ [3].

В настоящее время в Российской Федерации 25 кластеров имеют статус

пилотных, т.е. получающих государственную федеральную поддержку. Отраслевые направления пилотных кластерных проектов: информационные технологии и электроника; новые материалы; производство летательных и космических аппаратов, судостроение; фармацевтика, биотехнологии и медицинская промышленность; химия и нефтехимия; ядерные и радиационные технологии. Территориально пилотные кластеры расположены преимущественно в Центральном и Северо-Западном федеральных округах, Приволжье, Урале, Западной и Восточной Сибири, Дальнего Востока [4]. Прочие кластеры (не относящиеся к пилотным) имеют более широкий территориальный и отраслевой охват.

Системный и последовательный подход к стимулированию формирования кластеров в регионах привел к учреждению центров кластерного развития во многих регионах России: Алтайском крае, Республике Татарстан, Астраханской области, Республике Башкортостан, Воронежской области, Калужской, Курганской, Пензенской областях,

Пермском крае, Санкт-Петербурге, Самарской, Томской, Ульяновской областях, Республике Саха (Якутия), Ханты-Мансийском автономного округе – Югре, Липецкой, Вологодской, Белгородской областях, Республике Калмыкия, Новосибирской, Новгородской и Кемеровской областях.

Пилотные инновационные территориальные кластеры распределены по шести отраслевым направлениям, при этом на промышленный сектор приходится более половины кластеров (таблица 1). Более 2/3 отобранных пилотных кластеров приходится на европейскую часть России, в том числе 9 кластеров расположены в Приволжском федеральном округе, 6 кластеров – в Центральном федеральном округе, 3 кластера – в Северо-Западном федеральном округе. В Азиатской части России осуществляют деятельность 7 кластеров, их них 5 – в Сибирском федеральном округе, 1 – в Уральском и 1 – в Дальневосточном федеральных округах (таблица 2).

Таблица 1 – Распределение пилотных инновационных территориальных кластеров по отраслевым направлениям (до объединения) [4, с.19]

№ п/п	Отраслевое направление	Кластер
1	Ядерные и радиационные технологии	«Дубна» (Московская обл.) Саровский инновационный (Нижегородская обл.) ЗАТО г. Железногорск (Красноярский край) Ядерный (Ульяновская обл.)
2	Производство летательных и космических аппаратов, судостроение	Аэрокосмический (Самарская обл.) «Технополис “Новый Звездный”» (Пермский край) Авиастроение и судостроение (Хабаровский край) «Ульяновск-Авиа» (Ульяновская обл.) Судостроительный (Архангельская обл.)
3	Фармацевтика, биотехнологии и медицинская промышленность	Фармацевтика и медицинская промышленность (Санкт-Петербург) Фармацевтика и медицинская техника (Томская обл.) Биофармацевтический (Новосибирская обл.) Фармацевтика, биотехнологии и биомедицина (Калужская обл.) Биотехнологический (Московская обл.) Биофармацевтический (Алтайский край)
4	Новые материалы	«Физтех XXI» (Московская обл.) «Троицк» (Москва) Титановый (Свердловская обл.)
5	Химия и нефтехимия	Автомобилестроение и нефтехимия (Нижегородская обл.) «Камский» (Татарстан) Нефтехимический (Башкортостан) Комплексная переработка угля (Кемеровская обл.)
6	Информационные технологии и электроника	«Зеленоград» (Москва) ИТК «СибАкадемСофт» (Новосибирская обл.) ИТ и электроники (Томская обл.) ИТ-кластер (Санкт-Петербург) Радиационные технологии (Санкт-Петербург) Эффективная светотехника (Мордовия) Радиоэлектроника (Санкт-Петербург)

Таблица 2 – Распределение пилотных инновационных территориальных кластеров по федеральным округам [4, с.20]

Федеральный округ	Число кластеров, подавших заявки на конкурс	Число кластеров, включенных в Перечень и получивших статус пилотных ИТК	Доля кластеров, получивших статус ИТК (в процентах)
<i>Европейская часть России</i>			
Центральный	26	6	23
Северо-Западный	11	3 (5 – без учета объединения кластеров)	45 (без учета объединения кластеров)
Южный	8	-	-
Приволжский	22	9	41
Северо-Кавказский	1	-	-
<i>Азиатская часть России</i>			
Уральский	6	1	17
Сибирский	18	5 (7 – без учета объединения кластеров)	39 (без учета объединения кластеров)
Дальневосточный	2	1	50

Необходимо отметить, что при отборе кластеров критерий инновационности применялся не только к производимой продукции, но и к технологии производства. Как результат, лишь у половины пилотных

кластеров удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме товаров собственного производства составляет более 45% (рис. 2).



Рис. 2. Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг силами организаций – участников пилотных инновационных территориальных кластеров (проценты) [4]

Важной характеристикой функционирования кластера является повышение эффективности использования имеющихся ресурсов, в том числе использования рабочей силы (рис. 3). Данный рост эффективности целесообразно рассматривать в качестве одного из проявлений синергетического эффекта от объединения ряда предприятий в кластер. Организация работы большинства кластеров осуществляется управляющей компанией,

которая одновременно является каким-либо государственным органом или органом корпоративного управлений (рис. 4). Восемь кластеров управляется региональным институтом развития, 4 кластера – центром кластерного развития, по одному кластеру – отделом инновационного развития в корпорации, технопарком и совместно региональным институтом развития и центром кластерного развития.

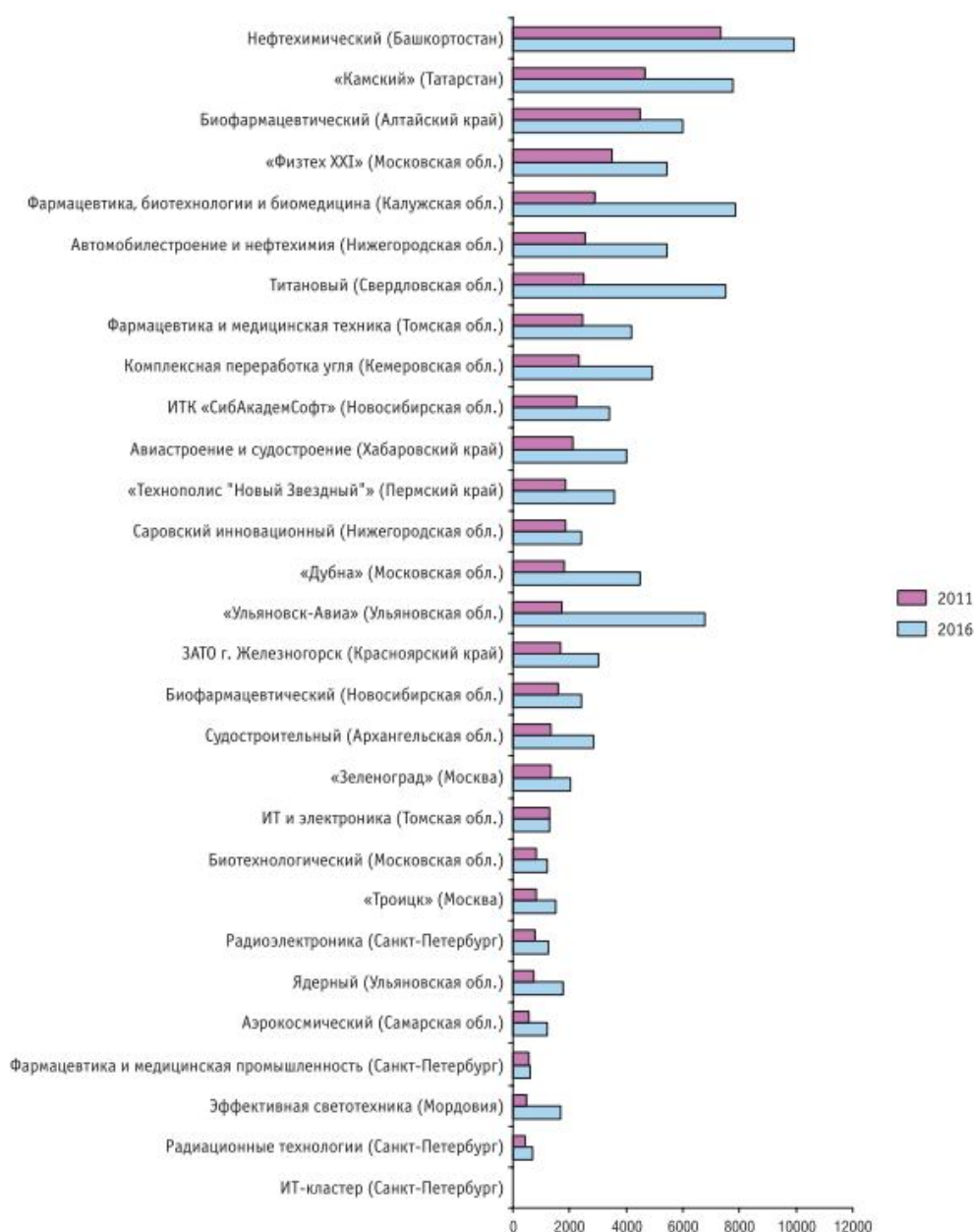


Рис. 3. Объем выработки на одного работника в организациях – участниках пилотных инновационных территориальных кластеров (тыс. руб./чел. в год) [4]



Рис. 4. Статус управляющей компании в системе государственных либо корпоративных органов управления (по данным анкетирования – [2, с.26])

Для поддержки кластеров на федеральном уровне был определен институт развития. Однако фактически степень взаимодействия различных институтов с кластерами имеет существенные различия. Так, качество взаимодействия с Фондом содействия развитию малых форма предприятий в научно-технической сфере и Ассоциацией инновационных регионов России сами

кластеры оценивают примерно вдвое выше, чем качество и степень взаимодействия с Российским фондом технологического развития и ГК «Внешэкономбанк» (рис. 5). В качестве факторов, обуславливающих такие различия, выступают степень представленности института развития в регионе (наличие региональных отделений) и перечень предлагаемых институтом развития форм поддержки кластеров.



Рис. 5. Средняя оценка уровня взаимодействия кластера с институтами развития (от 1 – нет взаимодействия, 5 – плодотворная интенсивная работа) (по данным анкетирования – [2, с.84])

Необходимо отметить, что по результатам опроса участников пилотных кластеров выявлено, что даже пилотные кластеры, официально получающие государственную поддержку, испытывают определенные трудности в реализации совместных проектов (рис. 6). Более того, эти трудности в большей степени как раз связаны с отсутствием уверенности в долгосрочном характере

государственной поддержки, недостаточным объемом поддержки со стороны государства, слишком короткими сроками между получением бюджетных средств и необходимостью отчитаться об их использовании, а также общими проблемами в согласовании с региональными властями важнейших вопросов развития кластера.



Рис. 6. Барьеры, затрудняющие реализацию совместных проектов в кластере (по данным анкетирования – [2, с.86])

Соответственно, ряд кластеров в процессе своего развития получает государственную поддержку (финансовую, информационную и организационную), однако данная поддержка также создает дополнительные трудности для кластеров

из-за особенностей выделения бюджетных средств и ограничений со стороны федеральных и региональных органов государственной власти в части принятия решений по реализации проектов внутри кластера. В Омской области кластеры и

соответствующая инфраструктура (например, центр кластерного развития) находятся на этапе формирования. Стратегия развития Омской области предусматривает создание и последующее функционирование в регионе четырех промышленных кластеров: агропромышленный кластер; лесопромышленный кластер; кластер нефтепереработки и нефтехимии; кластер высокотехнологичных компонентов и систем [5, 6, 7, 8, 9, 10].

Заключение

Таким образом, в ряде регионов кластеры функционируют уже продолжительное время. Наиболее развитые и перспективные кластеры получили статус пилотных территориальных кластеров и соответствующую данному статусу государственную поддержку: финансирование из федерального и регионального бюджетов, информационное сопровождение и пр. Основная часть промышленных кластеров расположена в европейской части России в Центральном, Северо-Западном и Приволжском федеральных округах. В восточной части России кластеры сосредоточены в наиболее экономически развитых регионах Сибири. Подавляющая часть промышленных кластеров управляются органами региональной власти (региональным институтом развития, региональным центром кластерного развития). При этом получение государственной поддержки имеет и обратную сторону – участники пилотных кластеров не уверены в долгосрочном характере поддержки со стороны государства и испытывают трудности из-за особенностей согласования с государственными органами вопросов развития и финансирования кластеров. Вместе с тем, независимо от механизма создания кластера, эффективная организация его деятельности способна сократить транзакционные издержки, обеспечить повышение выручки и прибыльности предприятий, а также рост качества продукции и ее конкурентоспособности на внутрисекторном и мировом рынках.

Работа проведена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, в рамках государственного задания ВУЗам в части проведения научно-исследовательских работ на 2014-2016 гг., проект № 2378.

Библиографический список

1. Миллер, А. Е. Влияние реляционного подхода на взаимодействие промышленных предприятий / Миллер А. Е. // Омский научный вестник. – 2011. – № 6 (102). – С.38-41.

2. Система менеджмента для управляющих компаний инновационных территориальных кластеров в Российской Федерации. Отчет НИУ ВШЭ и Фонда ЦСР «Северо-Запад». – ОАО «РВК», 2014. – 250 с.

3. Сайт Российской кластерной обсерватории [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cluster.hse.ru/about/news.php>

4. Пилотные инновационные территориальные кластеры в Российской Федерации / под ред. Л.М. Гохберга, А.Е. Шадрина. – Москва: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2013. – 108 с.

5. Стратегия социально-экономического развития Омской области до 2025 года // Портал Правительства Омской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.omskportal.ru/ru/government/branches/Economy/PageContent/0/body_files/file0/Strategiya_2025.pdf

6. В Омской области утвердили концепцию создания агропромышленного кластера // Территориальные кластеры: дайджест новостей. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). Выпуск №12 – декабрь 2013 г. С.25-26.

7. Омские власти требуют от разработчиков лесопромышленного кластера конкретных решений и реальных показателей // Территориальные кластеры: дайджест новостей. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). Выпуск №4 – 1-15 марта 2014 г. - С.17-18.

8. Минэкономики пытается объединить омскую промышленность в кластеры // Территориальные кластеры: дайджест новостей. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). Выпуск №1 – январь 2014. С.17-19.

9. Власти Омской области утвердили концепцию нефтехимического кластера // Территориальные кластеры: дайджест новостей. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). Выпуск №11 – 16-30 июня 2014. С.18.

10. В Омской области утвердили концепцию развития кластера высоких технологий // Территориальные кластеры: дайджест новостей. Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ). Выпуск №6 – 01-15 апреля 2014 г. С.14-16.

CLUSTER DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL SECTOR OF RUSSIAN ECONOMY

A. E. Miller

Abstract. The article dwells upon the peculiarities of cluster development of industrial sector of economy. The author has justified a relational approach to providing a sustainable development of industrial clusters. There is offered a system and sequential approach to stimulation of forming territorial clusters and centers of cluster development in regions of Russia.

Keywords: cluster development, industry, relational approach, innovations, resources.

References

1. Miller A. E. Vlijanie reljacionnogo podhoda na vzaimodejstvie promyshlennyh predpriyatij [The influence of the relational approach on the interaction of industrial enterprises]. *Omsk Scientific Vestnik*, 2011, no 6 (102). pp. 38-41.

2. [A management system for managing companies of innovative and territorial clusters in the Russian Federation]. Report by NRU HSE and «CSR «North-West» Foundation, RVC, 2014. 250 p.

3. *Sajt Rossijskoj klasternoj observatorii* [The official website of the Russian cluster observatory] Available at: <http://cluster.hse.ru/about/news.php>

4. *Pilotnye innovacionnye territorial'nye klastery v Rossijskoj Federacii* [Pilot innovative regional clusters in the Russian Federation] ed. L. M. Hochberg, A.E Shadrin. Moscow, National Research University Higher School of Economics, 2013. 108 p.

5. *Strategija social'no-jekonomicheskogo razvitija Omskoj oblasti do 2025 goda* [Strategy for Social and Economic Development of the Omsk region until 2025]. Available at: www.omskportal.ru/ru/government/branches/Economy/PageContent/0/body_files/file0/Strategiya_2025.pdf

6. *Omskoj oblasti utverdili koncepciju sozdanija agropromyshlennogo klastera* [Omsk region approved the concept of creating agro-industrial cluster]. Regional clusters: news digest. – National Research University Vysshaja shkola jekonomik, 2013, no12. Pp.25-26.

7. *Omskie vlasti trebujut ot razrabotchikov lesopromyshlennogo klastera konkretnyh reshenij i real'nyh pokazatelej* [Omsk authorities require specific decisions and real activities from developers of wood

industry clusters]. *Nacional'nyj issledovatel'skij universitet Vysshaja shkola jekonomiki 4* – 1-15 March 2014. pp.17-18.

8. *Minjekonomiki pytaetsja obedinit' omskuju promyshlennost' v klastery* [The Ministry of economics is trying to unite the Omsk industry into clusters]. *Territorial'nye klastery: dajdzhest novostej. Nacional'nyj issledovatel'skij universitet Vysshaja shkola jekonomiki*, January 2014. pp.17-19.

9. *Vlasti Omskoj oblasti utverdili koncepciju neftehimicheskogo klastera* [The authorities of Omsk region approved the concept of petrochemical cluster]. *Territorial'nye klastery: dajdzhest novostej. Nacional'nyj issledovatel'skij universitet Vysshaja shkola jekonomiki*, no 11 – 16-30 June 2014. p.18.

10. *V Omskoj oblasti utverdili koncepciju razvitija klastera vysokih tehnologij* [Omsk region approved the concept of developing high technologies' cluster]. *Territorial'nye klastery: dajdzhest novostej. Nacional'nyj issledovatel'skij universitet, Vysshaja shkola jekonomiki*, 6 – 01-15 April 2014. pp.14-16.

Миллер Александр Емельянович (Омск, Россия) – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Экономика, налоги и налогообложение», Омский государственный университет им. Ф. М. Достоевского. (644077, пр. Мира, 55а, e-mail: aem55@yandex.ru).

Miller Alexander Emelianovich (Omsk, Russian Federation) – doctor of economic sciences, professor, head of the department "Economy, taxes and taxation", Omsk state university named after F.M. Dostoevskiy. (644077, Mira av., 55a, e-mail: aem55@yandex.ru).

УДК 656.078.1

ВЛИЯНИЕ МОДЕЛИ КОНКУРЕНЦИИ НА РЫНОЧНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ГРУЗОВОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Е. В. Табачникова

Санкт-Петербургский государственный экономический университет,
Россия, г. Санкт-Петербург.

Аннотация. В рамках статьи рассмотрены особенности влияния модели конкуренции в отрасли на рыночное поведение предприятия. Выполнен анализ модели конкуренции, характеризующей рынок грузовых автотранспортных перевозок. Приведены отраслевые особенности рыночного поведения автотранспортных предприятий. Показаны основные способы получения экономической прибыли автотранспортным предприятием на рынке грузовых перевозок.

Ключевые слова: модель конкуренции, конкурентная структура рынка, рыночное поведение автотранспортного предприятия, концентрация предложения, экономическая прибыль.

Введение

Анализ рыночного поведения предприятия, проводимый с целью выявления способов и направлений

улучшения результатов его деятельности, предполагает определение модели конкуренции, характеризующей отраслевой рынок. Очевидно, что условия конкуренции

накладывают определенные ограничения и обуславливают возможности получения экономической прибыли субъектом рынка. В рамках теории микроэкономики выполнено описание особенностей поведения фирм в условиях наиболее распространенных моделей конкуренции. На практике идентификация конкурентной структуры конкретного рынка является не столь простым вопросом, как это может показаться на первый взгляд.

Характеристика влияния модели конкуренции на параметры рыночного поведения предприятия

Рыночное поведение предприятия, определяющее результативность его деятельности, а также влияющее на эффективность (аллокативную и х-эффективность) отрасли в целом, во многом зависит от структуры отраслевого рынка. Такой подход к анализу поведения предприятия иллюстрирует «Гарвардская парадигма» SCP - «Structure - Conduct - Performance» («Структура-Поведение-Результативность») [1] (рис.1).

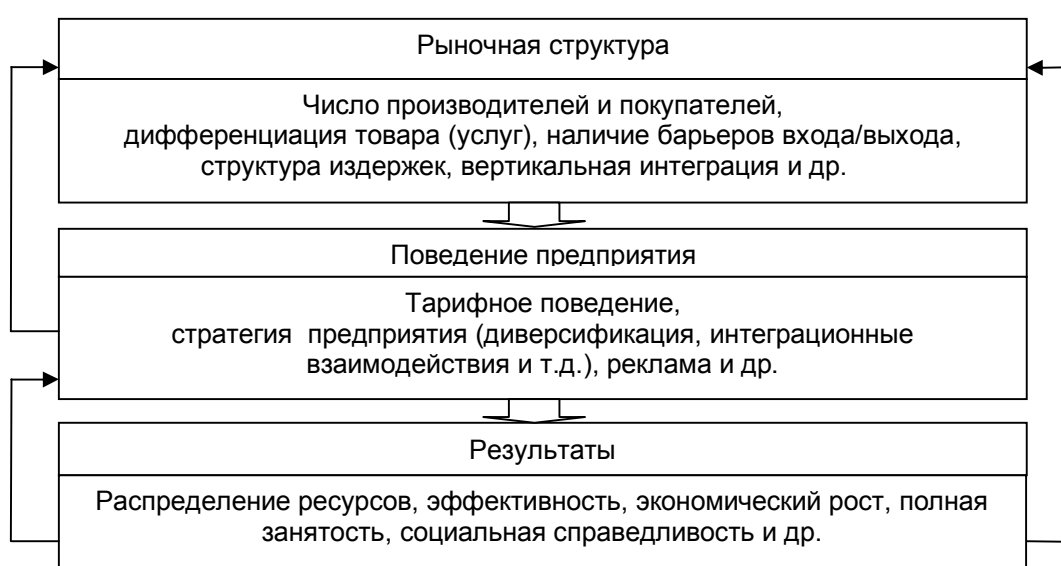


Рис. 1. Графическая интерпретация парадигмы «Структура-Поведение-Результативность»

Базовые условия, определяющие структуру отраслевого рынка, включают данные по следующим параметрам рынка: число производителей и покупателей, наличие и высота барьеров входа/выхода, степень дифференциации товара (услуг), наличие рыночной власти у субъектов рынка¹. Конкурентная структура отраслевого рынка зависит и от состояния спроса и предложения в отрасли. При этом существенное значение имеют такие характеристики спроса как эластичность и темпы роста. Как правило, при эластичном спросе, снижающем вероятность получения производителем рыночной власти, цена устанавливается на более низком уровне, нежели в случае неэластичного спроса.

Высокие темпы роста спроса также способствуют ослаблению рыночной власти отдельных производителей на отраслевом рынке. Эффект масштаба, обуславливающий наличие экономии при достижении определенного объема производства, определяет число предприятий, которые эффективно могут функционировать на отраслевом рынке. Такая характеристика рынка как минимально эффективный выпуск (МЭВ) - объем производства, соответствующий минимальному уровню средних издержек отрасли - позволяет рассчитать нормальное число фирм, которое может «вместить» отраслевой рынок, через отношение емкости рынка и величины МЭВ.

¹ Рыночная власть – ситуация, при которой субъект рынка обладает возможностью влиять на рыночную ситуацию посредством изменения цены товара и объема выпуска.

Кроме того, на структуру отраслевого рынка оказывают влияние и такие факторы как наличие вертикально интегрированных и диверсифицированных компаний в отрасли, создающих входные барьеры на отраслевой рынок, поведение компаний в долгосрочном периоде (осуществление входа, выхода с рынка), стохастические факторы (эволюционные процессы в отрасли).

Следует отметить, что в случае значительного увеличения доли рынка, приведшего к изменению уровня концентрации, определенные регулирующие воздействия на участников рынка (снижение входных барьеров, реструктуризация крупных предприятий и др.) могут быть оказаны со стороны Федеральной антимонопольной службы, что также будет способствовать изменению конкурентной структуры в отрасли.

Рыночное поведение предприятия охватывает такие стороны деятельности как стратегия ценообразования и ценовая политика, рекламная и товарная политика, стратегические взаимодействия с другими участниками рынка и др. Анализ же эффективности функционирования отрасли как

результата деятельности отраслевых предприятий проводится, прежде всего, с позиции оценки влияния на благосостояние общества. Такие негативные для общества явления как завышение цен, недопроизводство товаров, недостаточный уровень качества товаров и сервиса, замедление технологического прогресса – все это, как правило, последствия снижения конкуренции и повышения уровня концентрации предложения на отраслевом рынке.

В рамках проведения анализа рыночного поведения предприятия, осуществляющего свою деятельность на рынке грузовых автотранспортных перевозок, определение структуры рынка сопровождается определенными трудностями. Рассматривая модель рынка транспортных услуг, следует, прежде всего, определиться с границами рынка. Так, если речь идет о локальном рынке, то вполне вероятно, что для него характерна модель монополистической конкуренции, ключевым признаком которой является дифференциация услуг, обеспечивающая рыночную власть предприятиям (рис.2) или олигополия и т.д.



Рис. 2. Признаки рынка монополистической конкуренции

Модель национального рынка грузовых автоперевозок России по ключевым признакам представляется наиболее близкой к условиям чистой конкуренции (рис. 3). Данная модель отражает рыночную ситуацию, при которой предприятия – участники рынка не имеют рыночной власти и соответственно не располагают возможностью оказывать влияние на уровень цен. Но в условиях чистой конкуренции в отличие от совершенной конкуренции предприятия-субъекты рынка характеризуются разным уровнем издержек, вследствие чего у предприятий с более низким уровнем издержек появляется возможность получать прибыль. Разный уровень издержек может быть обусловлен как неодинаковым качеством используемых ресурсов, так и разной эффективностью их применения. Поэтому можно сделать вывод о

том, что для грузовых автотранспортных предприятий одним из ключевых способов получения экономической прибыли в условиях рынка чистой конкуренции является, прежде всего, повышение эффективности использования ресурсов. Здесь следует отметить одну из острых проблем транспортного комплекса России и, в частности, автомобильного транспорта – уровень износа основных фондов. Согласно статистическим данным по состоянию на начало 2013 года степень износа основных фондов грузового автотранспорта составила более 40% [2]. В такой ситуации транспортные предприятия, сумевшие обновить парк транспортных средств, обладают существенными преимуществами перед коллегами по цеху, эксплуатирующими изношенный подвижной состав.



Рис. 3. Признаки модели чистой конкуренции

Еще одной возможностью получения экономической прибыли предприятием в условиях чистой конкуренции является выход на новые рынки или рыночные ниши, в рамках которых предприятие сможет воспользоваться преимуществами монопольного положения. В такой ситуации на рынке конкурентов либо еще нет, либо конкуренция не значительна, а государство на данный момент не контролирует этот рынок.

В силу ряда объективных причин на протяжении последних лет в сфере грузовых автомобильных перевозок широко распространены формы предпринимательской деятельности являются малое предприятие и индивидуальное предпринимательство. В качестве объективных причин сложившейся ситуации можно назвать такие преимущества малого бизнеса по сравнению с крупным и средним как гибкость по отношению к изменению параметров спроса, незначительные издержки контроля и управления, относительно низкая налоговая нагрузка на предприятие и др. Следует указать и на недостатки предпринимательской деятельности в форме малого бизнеса - сложность получения заемных средств, существенные транзакционные издержки и др. Кроме того, можно предположить, что микропредприятиям и малым предприятиям (среднесписочная численность работающих - не более 15 и 100 человек, годовая выручка - не более 60 млн. рублей и 400 млн. рублей соответственно) несмотря на возможность быть более гибкими к изменяющимся требованиям рынка гораздо сложнее обеспечивать устойчивость своего развития по сравнению с крупными конкурентами [3]. Так, согласно оценкам экспертов, после кризиса 2008-2009 гг. существенно ужесточились требования

клиентов к надежности перевозчика и качеству его услуг (например, требования по наличию ликвидных активов в собственности предприятия). Чем меньше масштабы деятельности автотранспортного предприятия, тем сложнее соответствовать жестким требованиям клиентов. Поэтому малым и средним предприятиям, оказывающим услуги по перевозкам грузов, сложнее найти и удержать перспективных клиентов с большими объемами перевозок. Кроме того, крупные автотранспортные предприятия, как правило, диверсифицированы и обладают преимуществами стратегического синергизма, а, следовательно, являются более устойчивыми по сравнению с недиверсифицированными конкурентами, деятельность которых характеризуется меньшими масштабами деятельности.

Согласно статистическим данным, число предприятий в транспортной отрасли в 2012 году составило 260,3 тыс, в том числе малые предприятия и микропредприятия - 103,3 тыс. (40%) [2]. Такие данные подтверждают предположение о характере конкурентной структуры рынка грузовых автоперевозок, приближенной к условиям чистой конкуренции.

Экономистами было замечено, что чем выше показатель концентрации в отрасли, тем устойчивее отношения участников рынка. Как уже было отмечено, рынок услуг грузового автотранспорта по своей структуре приближен к модели чистой конкуренции. В силу вышеизложенного проблема устойчивого развития предприятий грузового автотранспорта является весьма актуальной для отраслевого рынка. Помимо модели конкуренции на поведение предприятия оказывают влияние и ряд отдельных характеристик рынка (таблица 1).

Таблица 1 - Характеристики рынка грузовых автомобильных перевозок

Классификационный признак	Характеристики рынка транспортных услуг
В зависимости от объекта сделок	- рынок услуг (индивидуальное потребление) - рынок факторов производства (производственное потребление)
В зависимости от условий функционирования	Открытый, стихийный/организованный*
В зависимости от уровня стандартизации товаров	Рынок дифференцированных услуг
В зависимости от типа взаимодействия фирм-участников рынка	Конкурентный рынок

* Организованный рынок предполагает наличие механизмов координации спроса и предложения со стороны частных агентов (товарные и финансовые биржи, аукционы и др.).

Относительно характеристики рынка по такому критерию как «условия функционирования» следует отметить, что, начиная с 2010 года в транспортной отрасли с целью упорядочивания деятельности перевозчиков и повышения качества транспортного обслуживания, создавались саморегулируемые организации (СРО). СРО – это организация некоммерческого типа, создаваемая по принципу добровольного членства субъектов, занятых в общей профессиональной сфере. В настоящее время установлено, что членство в транспортной СРО, предполагает наличие у компании-перевозчика договора страхования ответственности, прохождение профподготовки сотрудниками предприятия, внесение в компенсационный фонд саморегулируемой организации определенного взноса. При этом наличие СРО формирует дополнительные входные барьеры для новых участников рынка и накладывает определенные ограничения на деятельность уже работающих на отраслевом рынке предприятий.

Как уже отмечалось, при анализе отраслевой структуры следует учитывать факторы стохастического характера. Согласно «закону Жибра» [4] уровень концентрации в отрасли определяется не только факторами технологического и поведенческого характера, характеризующих деятельность предприятий-участников рынка, но также и стохастическими факторами. На основе исследования эмпирических данных было установлено, что изначально конкурентная отрасль по истечении определенного периода времени (порядка 100-150 лет) становится более концентрированной. В качестве таких стохастических факторов предлагается рассматривать не только процессы, сопровождающие эволюционное развитие отрасли, но и финансовые кризисы в экономике. Так, кризисы 1998 года, 2008-2009 годов привели к уходу значительного числа компаний с рынка грузовых автоперевозок. При этом более сильные компании, оставшиеся на рынке, воспользовались ситуацией, чтобы «вырасти» именно за счет перераспределения

долей рынка в период неблагоприятной рыночной конъюнктуры. Актуальность такого сценария не ослабевает и в настоящее время. Так, согласно результатам проведенного среди представителей транспортных компаний опроса, 2013 год был тяжелым для 38% опрошенных, отличных результатов добились 21 % и хотели бы получить более высокие показатели 24% [5]. 2014 год оказался еще более трудным для представителей транспортного бизнеса.

В качестве примера, иллюстрирующего укрупнение бизнеса в автотранспортной отрасли, можно привести деятельность транспортной компании «Деловые линии», существующей на рынке с начала 2000-х годов и занимающей одну из лидирующих позиций в отрасли. Согласно результатам опроса, в котором принимали участие более 1000 ведущих организаций страны, были названы самые узнаваемые транспортно-экспедиционные компании [5]. При этом транспортная компания «Деловые линии» была признана лучшей транспортно-экспедиционной компанией большинством респондентов и оказалась по данным опроса наиболее узнаваемой. На сегодняшний день ТК «Деловые линии» представляет собой группу компаний со штатом более 16000 сотрудников, располагающую парком транспортных средств численностью около 2 500 автомобилей. Подобные масштабы деятельности для современного рынка грузовых автоперевозок являются весьма крупными.

Таким образом, можно сделать предположение о постепенной трансформации структуры рынка грузовых автоперевозок из модели чистой конкуренции в модель монополистической конкуренции.

Среди особенностей поведения предприятий на рынке монополистической конкуренции стоит отметить возможность получения рыночной власти посредством дифференциации оказываемых услуг. При этом в качестве факторов дифференциации транспортных услуг следует рассматривать рекламу, формирование бренда, уровень

качества транспортного обслуживания клиента и др. Примером, иллюстрирующим дифференциацию транспортных услуг в условиях современного рынка, является бренд ТК «Деловые линии».

Также к особенностям поведения предприятия на рынке монополистической конкуренции следует отнести процесс ценообразования, который в отличие от условий совершенной конкуренции для участников рынка является активным и управляемым. При этом объемы реализации услуг находятся в прямой зависимости от уровня цен.

Высокая вероятность (согласно оценкам экспертов) возобновления в России практики лицензирования деятельности по осуществлению перевозок грузов автомобильным транспортом, создаст дополнительные барьеры на вход в отрасль, что в конечном итоге будет способствовать укрупнению рынка.

Здесь следует отметить, что, несмотря на значительную долю в отрасли малых предприятий, такое «разукрупнение» нередко имеет формальный характер. Так, крупная компания создает сеть предприятий, которые могут быть отнесены к субъектам малого предпринимательства и пользоваться всеми преимуществами данного статуса (специальный налоговый режим, гарантия отсутствия налоговых проверок на протяжении первых трех лет функционирования и др.). Указанное обстоятельство косвенно подтверждает предположение о трансформации модели конкуренции в отрасли в сторону менее конкурентной.

Еще одним фактором, свидетельствующим в пользу укрупнения рынка грузовых автоперевозок и как следствие – повышения уровня концентрации на нем, является глобализация. Эксперты отмечают перспективность в условиях глобализации такого интеграционного решения как транспортные альянсы, представляющие собой кооперацию равноправных независимых участников транспортно-логистического процесса. Такого рода интеграционные решения представляют определенные преимущества для малых и средних предприятий, обеспечивая участникам дополнительные гарантии для ведения бизнеса: возможность проводить активную ценовую политику, получать отсрочки платежа от участников альянса, применять клиринговые схемы расчетов между членами альянса и др.

Выводы

Рыночное поведение предприятия, определяющее эффективность его деятельности и перспективы развития, во многом зависит от конкурентной структуры отраслевого рынка. В рамках данной статьи перечислены факторы, влияющие на формирование модели конкуренции рынка грузовых автотранспортных перевозок. Также сделано предположение относительно типа данной модели. Анализ ряда характеристик и параметров исследуемого рынка позволяет сделать вывод о сложившейся на отраслевом рынке тенденции к трансформации модели чистой конкуренции в модель монополистической конкуренции. При этом отмечены существенные изменения, характерные для рыночного поведения предприятий-участников рынка при переходе от одной модели к другой. Ориентация на такие изменения в процессе управления рыночным поведением автотранспортного предприятия позволит предприятию получить экономическую прибыль и улучшить свою конкурентную позицию на рынке.

Библиографический список

1. Кен Хитер Экономика отраслей и фирм: учебное пособие. / Кен Хитер. – М.: Изд-во, «Финансы и статистика», 2004, - 480 с.
2. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – Режим доступа: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 21.12.2014).
3. Федеральный закон Российской Федерации от 24 июля 2007 г. N 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации».
4. Кит П., Управленческая экономика. Инструментарий руководителя / П. Кит, Ф. Янг. – СПб.: изд-во «Питер», 2008, - 624 с.
5. Сайт «Умный логист» Режим доступа: http://www.umnyylogist.ru/articles/tk_factor_uzn.html (дата обращения: 21.12.2014).

INFLUENCE OF A COMPETITION MODEL ON THE MARKET BEHAVIOR OF A CARGO MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE

E. V. Tabachnikova

Abstract. The article dwells upon the peculiarities of influencing a competition model in a sector on an enterprise's market behavior. There is implemented an analysis of the competition model that characterizes the trucking market. There are presented sectoral peculiarities of the market behavior of transport companies. There are identified the main ways of obtaining economic benefit by a cargo motor transport enterprise.

Keywords: model of competition, competitive structure of a market, market behavior of motor transport enterprise, concentration of supply, economic benefit.

References

1. Ken Hiter. *Jekonomika otraslej i firm: Uchebnoe posobie*. [Economy of sectors and firms: textbook]. Moscow, izd-vo Finansy i statistika, 2004. 480 p.
2. *Oficial'nyj sajt Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki* [The official website of the Federal State Statistics Service]. Available at: <http://www.gks.ru> (accessed 21.12.2014).
3. *Federal'nyj zakon Rossijskoj Federacii ot 24 ijulja 2007 g. N 209-FZ «O razvitii malogo i srednego predprinimatel'stva v Rossijskoj Federacii»*. [Federal Law of RF from 24th of July, 2007 N 209-FZ On the development of small and medium business in the Russian Federation].
4. Kit P., Jang F. *Upravljencheskaja jekonomika. Instrumentarij rukovoditelja*. [Managerial Economics.

Tools of a leader]. St. Petersburg, izd-vo Piter, 2008. 624 p.

5. Umnyj logist [Smart logistician]. Available at: http://www.umnylogist.ru/articles/tk_factor_uzn.html (accessed 21.12.2014).

Табачникова Екатерина Викторовна (Россия, г. Санкт-Петербург) – кандидат экономического наук, доцент Санкт-Петербургского государственного экономического университета. (191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, 21, e-mail: tabachnikova_eka@mail.ru).

Tabachnikova Ekaterina Viktorovna (Russian Federation, Saint-Petersburg) – candidate of economic sciences, associate professor of St. Petersburg State University of Economics. (191023, St. Petersburg, Sadovaya st., 21, e-mail: tabachnikova_eka@mail.ru).

УДК 338.24

ОПЫТ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПО КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ НА БАЗЕ ТЕХНОПАРКОВ

В. Ю. Тюрина, А. А. Ипполитова

Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина,
Россия, Саратов

Аннотация. В статье показаны особенности деятельности российских технопарков по коммерциализации объектов интеллектуальной собственности; рассмотрены бизнес-модели организации технопарков; а также проанализирован опыт Саратовской области в сфере законодательного регулирования деятельности технопарков.

Ключевые слова: технопарк, интеллектуальная собственность, объекты интеллектуальной собственности, коммерциализация, Саратовская область.

Введение

Технопарк – наиболее распространённый элемент национальной инновационной системы. В настоящее время, технопарковые структуры присутствуют во всех странах с развитой национальной инновационной системой, которые ставятся в пример государствам, где национальная инновационная система находится в начальной стадии становления. По мнению учёных, в данном явлении сконцентрированы все элементы национальной инновационной системы, все элементы тройной спирали. К сожалению, в России деятельность технопарков не отличается высокой эффективностью, они не оказывают значительного влияния на экономическое и инновационное развитие страны и отдельных регионов.

Развитие технопарков можно разделить на три стадии. На первой стадии малым инновационным предприятиям предоставлялись льготные помещения, на

второй стадии технопарки предоставляли в общее пользование службы поддержки. Третье поколение технопарков осуществляют менеджмент и делают это, рассчитывая на долю в будущей прибыли от продажи наукоёмкой продукции. С помощью технопарка, как мощного информационного и финансового канала, у малого предприятия могут открыться перспективные возможности для выхода на мировой рынок.

Особенности деятельности российских технопарков

В начале 2014 года компания ОАО «РВК» и Ernst & Young провели исследование успешности российских инкубаторов и технопарков. Эксперты сравнили уровни выживаемости резидентов. За основу были взяты стандартные критерии оценки успешности инкубаторов в Европе и Северной Америке. В мире этот показатель в среднем составляет в среднем 90% после первого года жизни стартапа и 80% - после трех лет. [1] Выживаемость резидентов

технопарков – показатель, отражающий количество принятых компаний, которые развиваются на его территории в течение периода пребывания, а затем успешно реализующих свой проект вне инфраструктуры поддержки.

Опыт российских объектов инновационной инфраструктуры с точки зрения повышения уровня выживаемости инновационных компаний позволяет выделить три ключевых внутренних фактора:

- конкурс на отбор резидентов; в технопарках, где конкурс был высок (более 10 предложений на место) показатель выживаемости был выше; там где нет конкурса, показатель выживаемости низкий;
- наличие и отсутствие экспертного совета;
- создание полного спектра сервисов (рис. 1).

Промышленным предприятиям, резидентам технопарков предоставляется возможность воспользоваться потенциалом научно-технического комплекса региона для повышения конкурентоспособности своей продукции, ускоренного внедрения новых технологий, целевого отбора выпускников на свои предприятия, которые прошли хорошую подготовку, работая над проектами в малых инновационных предприятиях.

Благодаря технопаркам формируется экономическая инфраструктура, которая позволяет обеспечивать устойчивое развитие инновационного предпринимательства, создавая новые, уникальные малые и средние предприятия, разрабатывая производственные мощности и поставляя на отечественный и зарубежный рынки конкурентоспособную наукоемкую продукции.

Содействие в привлечении финансирования со стороны государственных корпораций и в рамках федеральных программ
Наставничество
Помощь в защите интеллектуальной собственности
Поддержка операционной деятельности
Предоставление специализированного научного оборудования
Услуги по технической реализации проекта (прототипирование)

Рис. 1. Перечень услуг, оказываемых технопарками с высоким уровнем выживаемости резидентов

К основным задачам технопарков как инновационной инфраструктуре на сегодняшний день можно отнести:

- интеграция трех основных составляющих инновационного развития страны (наука, образование, промышленность);
- коммерциализация инновационных технологий, объектов интеллектуальной собственности;
- формирование сектора малого предпринимательства в сфере наукоемких технологий;
- оказание поддержки предприятиям в сфере наукоемкого бизнеса и др.

Для университетов и технологических НИИ через созданные технопарки появляется реальный шанс предоставлять своим сотрудникам площадки для завершения исследований, а также ресурс для коммерциализации инновационной продукции, получаемой в ходе проведенных исследований. Такое взаимодействие приводит к формированию коллективов с участием авторов идеи, аспирантов и студентов, которые имеют возможность продолжить свою работу уже на

производстве. На практике такие коллективы получают необходимые навыки в области предпринимательской деятельности, которые приобретаются в условиях жесткой конкуренции на рынках реализации инновационной продукции.

В России технопарки никогда не выполняли роли инкубаторов, а чаще всего служили своеобразными «площадками безопасности», которые ограждали своих резидентов от агрессивных условий внешней среды. Преимуществом технопарков можно назвать срок пребывания малых инновационных предприятий в качестве резидентов технопарков, так как они не ограничены временными рамками и составляют в среднем около десяти лет. Хотя международная практика ориентируется на стандарт в 2-3 года [2, с.31]. В России около 90 % технопарков были созданы на базе университетов, причем многие из них имеют узкую специализацию (рис. 2) [3].

Университеты располагают рядом уникальных ресурсов: информационные коммуникации, исследовательские и коллективные лаборатории, которые оснащены

специализированным оборудованием, научные исследования, защищенные в виде объектов интеллектуальной собственности, высококвалифицированные научные кадры. Такая инфраструктура и интеллектуальный капитал университета становится определенным «магнитом», притягивающим и

поддерживающим интересы промышленности и предпринимательства, которые стремятся получить доступ к таким ресурсам. Все вышесказанное, подтверждает тот факт, что инфраструктура, созданная при университетах – это базис становления национальной инновационной системы.

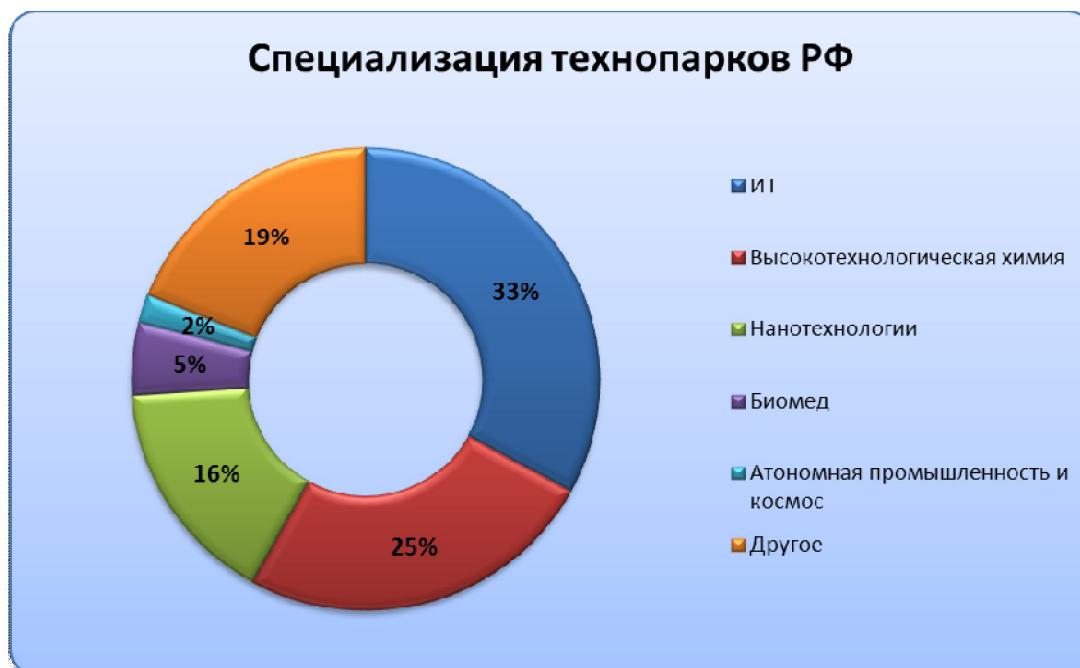


Рис. 2. Отраслевая специализация российских технопарков

Опыт Саратовской области по созданию технопарков

В числе первых технопарков России в начале 90-х был создан технопарк «Волга-техника» в 1994 г. На базе Саратовского государственного технического университета (СГТУ) [4]. Уникален его опыт по организации интегрированных научно-производственных комплексов, которые позволяли объединить образование, науку и производство. Ярким примером многолетней совместной инновационной деятельности стало сотрудничество ОАО «Саратовский подшипниковый завод» (СПЗ) и СГТУ по созданию одного из интегрированных комплексов. С целью интеграции инновационной деятельности в производство было создано малое инновационное предприятие ООО «Научно-производственное предприятие нестандартных изделий машиностроения», основными задачами которого стали:

- создание новых технологий подшипникового производства;

- разработка и освоение выпуска на базе новых наукоемких технологий новых образцов технологического оборудования;
- освоение производства новых типов подшипников.

Одновременно с созданием такого малого предприятия на базе технопарка СГТУ была образована организация «Нестима», которое занималось поиском научных исследований. Для этих целей привлекались аспиранты, студенты, преподаватели, докторанты и штатные научные сотрудники университета. Подобное взаимодействие позволило разработать и изготовить новую конструкцию подшипников качения, имеющих нестандартный профиль дорожек качения. Это обеспечило существенное повышение эксплуатационных свойств подшипников по сравнению с лучшими зарубежными аналогами. Со временем спектр разработок интеграционного центра расширялись, например, создавались различные автоматы и полуавтоматы для обработки и изготовления подшипников на предприятии ОАО «СПЗ».

В настоящее время в Саратовской области наметилась тенденция по поддержке на базе университетов процесса развития предпринимательской инновационной промышленности. В целом в регионе были созданы структуры, на базе которых молодые люди, аспиранты могли создавать инновационные продукты и запускать их в производство. К современному этапу можно отнести наращивание потенциала производства продукции малыми инновационными предприятиями, созданными в рамках 217 ФЗ, которые также являются резидентами технопарков.

Несмотря на достаточно комфортные условия, которые создаются руководством технопарком, резиденты отмечают, что им этого недостаточно, на практике малые инновационные предприятия нуждаются в услугах, способствующих их развитию. К таким услугам можно отнести поиск источников финансирования проектов за счет государственных, венчурных и частных инвестиций. Сегодня практически во всех отраслях российской экономики наблюдается нехватка квалифицированных кадров, и технопарки здесь не являются исключением.

В настоящее время необходимо создать тесные связи между бизнес-сообществом и элементами инновационной инфраструктуры, в том числе и технопарками, это позволит оперативно узнавать о новых возможностях, потребностях и программах развития. Слабым моментом в работе технопарков является низкий спрос на инновационные решения резидентов технопарка, в частности со стороны крупных и средних российских компаний. Это связано и с тем, что нет должного взаимодействия между российскими инновационными компаниями и международным бизнес-сообществом. У большинства резидентов современных технопарков отсутствует выход на внешние рынки.

Очень часто технопарки не способны выполнять функции по интеграции бизнеса и науки. В практике зарубежных стран наоборот такая роль отдана технопаркам, которые являются эффективной площадкой по внедрению научно-технических разработок в экономику, куда стекаются молодые предприниматели создавая свой

инновационный бизнес. Именно там они получают возможность доработать проект, снизить издержки, привлечь финансирование и создать малое инновационное предпринимательство [5, с. 406].

Руководством страны делается акцент на переход к инновационной экономике, а значит, взят курс на построение национальной инновационной системы. Однако, до сих пор в России на федеральном уровне понятие «технопарк» законодательно не закреплено. А раз нет этого понятия, то в него вкладываются разные смыслы. Зачастую взаимоисключающие. Например, под видом технопарков открываются площади, которые не имеют никакого отношения к инновационной инфраструктуре РФ (бизнес-центры, где собственники просто сдают помещения в аренду).

Очень часто определение «технопарк» используется в качестве маркетинговой уловки. Собственники помещений пытаются привлечь клиентов к невостребованным площадкам, причем на таких объектах произвести инновационную продукцию невозможно. Поэтому очень актуален принятый в Саратовской области закон о государственной поддержке технопарков, где четко прописаны основные определения, критерии, меры поддержки резидентов и др.

В соответствии с законом Саратовской области №201-ЗСО от 25 ноября 2013 года под технопарком следует понимать имущественный комплекс общей площадью не менее 5000 кв. метров, состоящий из земельных участков, офисных зданий, производственных помещений, объектов инженерной, транспортной инфраструктуры, используемый коммерческими организациями и индивидуальными предпринимателями, научными организациями, образовательными организациями, организациями инфраструктуры поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства области для осуществления инновационной деятельности, а также юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, оказывающими бухгалтерские, консультационные, маркетинговые, рекламные, юридические, финансовые и другие виды услуг, в том числе для резидентов технопарка (рис. 3)[6].



Рис. 3. Понятие технопарка в соответствии с региональным законодательством Саратовской области

Для того чтобы малое инновационное предприятие смогло получать все предусмотренные новым законом льготы ему необходимо стать резидентом технопарка, который ходит в областной реестр. Инновационное предприятие должно соответствовать определенным критериям, которые приведены на рисунке 4.

В рамках закона Саратовской области четко прописаны меры государственной поддержки резидентов технопарка:

- 1) налоговые льготы в соответствии с законодательством о налогах и сборах;
- 2) отсрочка, рассрочка по уплате налогов, инвестиционного налогового кредита по региональным налогам в соответствии с законодательством о налогах и сборах;
- 3) субсидии за счет средств областного бюджета в соответствии с бюджетным законодательством, в том числе на:

— создание и (или) развитие энергетической и транспортной инфраструктуры;

— подведение к границам технопарков сетей инженерной инфраструктуры;

— инженерную подготовку, проведение коммуникаций и реконструкцию производственных площадей;

— оснащение технопарков различными видами оборудования;

— иные цели, предусмотренные законодательством;

4) государственные гарантии области в соответствии с законодательством;

5) бюджетные инвестиции в соответствии с законодательством;

6) информационная и консультационная поддержка.

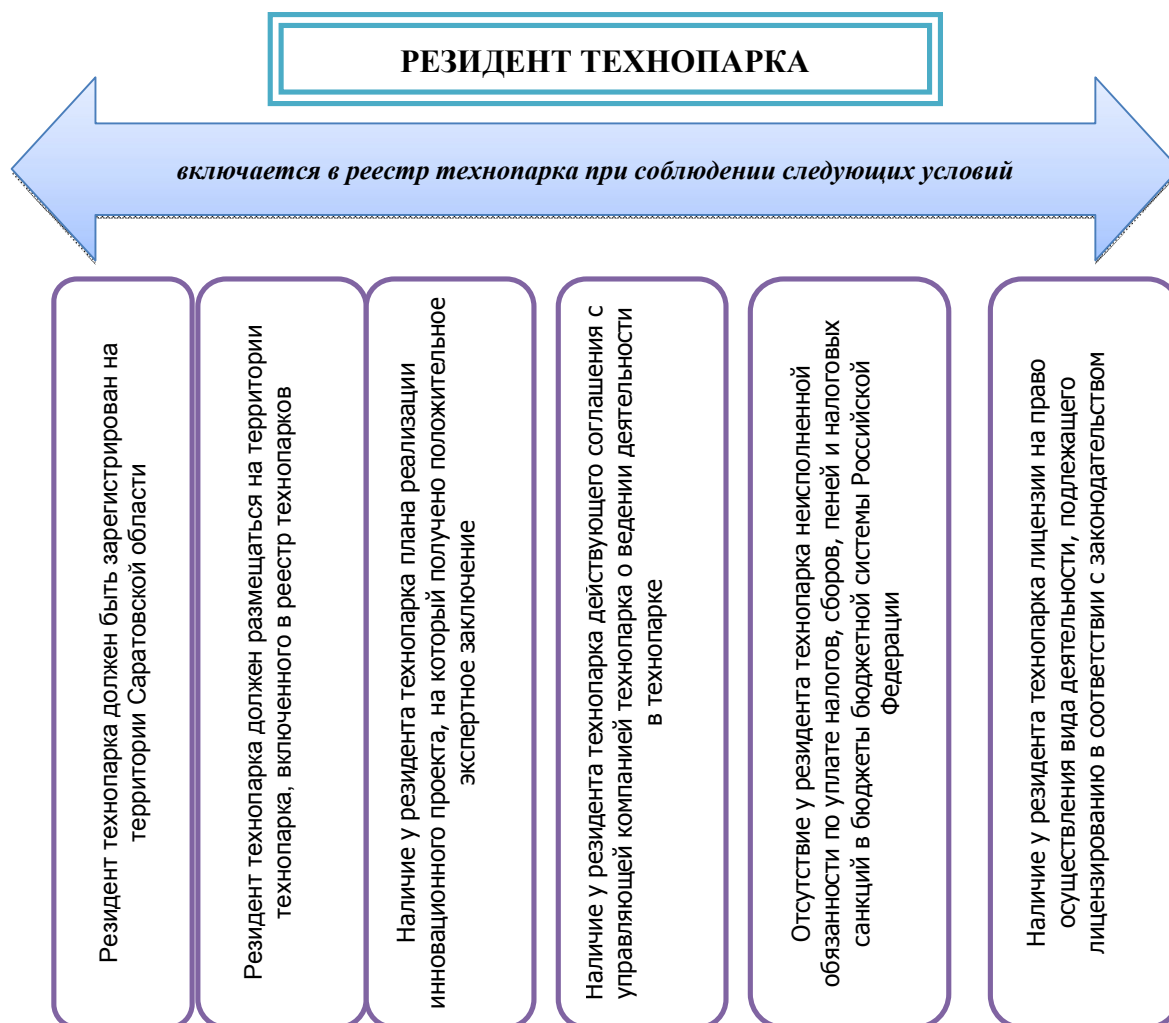


Рис. 4. Понятие технопарка в соответствии с региональным законодательством Саратовской области

Заключение

Полноценный технопарк возникает, когда начинают работать все элементы тройной спирали: государство, наука и образование, бизнес (крупный и малый). Преодоление низкой эффективности отечественных технопарков является важным фактором повышения конкурентоспособности российской экономики. Если регион способствует созданию и развитию технопарковых структур, то он получает уникальную возможность для формирования и ускоренного развития научно-производственной и социально-экономической инфраструктуры, привлекая и обучая высококвалифицированных специалистов, поддерживая и развивая сектора экономики, создавая новые рабочие места. В связи с этим заслуживает внимания положительный опыт развития технопарков на территории Саратовской области; но сложившиеся связи и

опробованные шаги по коммерциализации объектов интеллектуальной собственности необходимо поддерживать и развивать. Для региональных властей технопарки важны и тем, что не способствуют формированию положительного имиджа региона в определенном секторе технологий и промышленности.

Библиографический список

1. Проблемы и решения: бизнес-инкубаторы и технопарки России [Электронный ресурс]. URL: <http://www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/> (дата обращения: 03.02.2014)
2. Тюрина, В. Ю. К вопросу регионального трансфера технологий / В.Ю. Тюрина, А. А. Ипполитова. // Инновационная деятельность. – 2013. – №1 (24). – С. 28-33.
3. Низкий спрос на инновации и слабая поддержка предпосева подрывают эффективность российских технопарков и инкубаторов. - Режим

доступа: <http://www.uiec.ru/news/0/20235.html> (дата обращения: 10.01.2014)

4. Технопарки – это самая эффективная площадка по внедрению научно-технических разработок. – Режим доступа: http://hungryshark.ru/articles/technoparks_interview (дата обращения: 18.12.2014)

5. Тюрина, В. Ю. Организация мониторинга результатов интеллектуальной деятельности в Вузах/ В. Ю.Тюрина, А. А. Ипполитова, Ю. В. Бесчастнова. // Известия Саратовского университета. Серия Экономика. Управление. Право. – 2014 г. – том 14 выпуск 2, часть 2. – С. 402 - 410.

6. «О государственной поддержке технопарков Саратовской области» №201-ЗСО от 25 ноября 2013 года.

EXPERIENCE OF THE SARATOV REGION IN COMMERCIALIZATION OF INTELLECTUAL PROPERTY'S OBJECTS ON THE BASIS OF SCIENCE PARKS

V. Y. Turina, A. A. Ippolitova

Abstract. The article dwells upon the peculiarities of Russian science parks' activity on commercialization of intellectual property's objects, there are considered business models of the science parks' organization; and also there is analyzed an experience of the Saratov region in the sphere of legislative regulation of science parks' activity.

Keywords: science park, intellectual property, objects of intellectual property, commercialization, Saratov region.

Reference

1. *Problemy i reshenija: biznes-inkubatory i tehnparki Rossii* [Problems and decisions: business incubators and science parks of Russia]. Available at: www.rusventure.ru/ru/programm/analytics/ (accessed 03.02.2014)

2. Turina V. Y., Ippolitova A. A. K voprosu regional'nogo transfera tehnologij [To the problem of a regional transfer of technologies]. *Innovacionnaja dejatel'nost'*, 2013, no1 (24). pp. 28-33.

3. *Nizkij spros na innovacii i slabaja podderzhka predposeva podryvajut jeffektivnost' rossijskih tehnparkov i inkubatorov* [Low demand for

innovations and weak support of presowing undermine the efficiency of the Russian science parks and incubators]. Available at: <http://www.uiec.ru/news/0/20235.html> (accessed 10.01.2014)

4. *Tehnparki – jeto samaja jeffektivnaja ploshhadka po vnedreniju nauchno-tehnicheskij razrabotok* [Science parks are the most effective platform for introduction of scientific and technical developments]. Available at: http://hungryshark.ru/articles/technoparks_interview (accessed 18.12.2014)

5. Turina, V. Y. Organizacija monitoringa rezul'tatov intellektual'noj dejatel'nosti v Vuzah [Organization of monitoring of intellectual activity's results]/ V. Y. Turina, A. A. Ippolitova, Y. V. Beschastnova. // *Izvestija Saratovskogo universiteta. Serija Jekonomika. Upravlenie. Pravo.* – 2014 g. – tom 14 vypusk 2, chast' 2. p. 402- 410.

6. State support of science parks of the Saratov region. No. 201-ZSO of November 25, 2013.

Тюрина Вера Юрьевна (Саратов, Россия) – доктор экономических наук, профессор кафедры «Прикладная экономика и управление инновациями», Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина (410054, Саратов, ул. Политехническая, 77 e-mail: vut@sstu.ru)

Ипполитова Анна Александровна (Саратов, Россия) – кандидат экономических наук, Саратовского государственного технического университета имени Ю.А. Гагарина (410054, Саратов, ул. Политехническая, 77 e-mail: ippolitova@fsimp.ru)

Turina Vera Yurievna (Russian Federation, Saratov) – doctor of economic sciences, professor of the department “Applied economy and management of innovations” of The Saratov state technical university named after Y.A. Gagarin (410054, Saratov, Politekhnikeskayas st., 77 e-mails: vut@sstu.ru)

Ippolitova Anna Aleksandrovna (Russian Federation, Saratov) – candidate of economic sciences of The Saratov state technical university named after Y.A. Gagarin (410054, Saratov, Politekhnikeskaya st., 77 e-mails: ippolitova@fsimp.ru)

УДК 338.46

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ЛОГИСТИЧЕСКИХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

С. М. Хаирова, С. В. Потапова
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. В статье исследованы основные тенденции и факторы развития логистических бизнес-процессов и форм организации логистического сервиса. Выявлены особенности логистического менеджмента в современных условиях. Рассмотрен методический подход к оценке надежности и определены задачи контроллинга цепи поставок

Ключевые слова: цепи поставок, услуги, издержки, контроллинг, бизнес-процессы.

Введение

В настоящее время наблюдается тенденция к развитию логистических систем внутри отдельного региона. Эти тенденции диктуют изменения на региональном рынке логистического обслуживания товарных потоков, прежде всего расширение ассортимента предлагаемых услуг. Зарубежные авторы Д. Бауэрсокс и Д. Клосс говорят о логистике как о процессе удовлетворения потребности в полезности времени и места [1]. Несомненно, логистика обеспечивает запросы потребителей, относящиеся к времени и месту наличия продуктов, а также к сопутствующим услугам. Использование форм и методов современной логистики рассчитано на продуктивные, социально ориентированные и «прозрачные» формы бизнеса и предпринимательства - общественно-полезных и легитимных форм и методов хозяйствования. Чем больше степень расхождения групповых и личных интересов работников предприятий, инфрасистем с общественными, тем проблематичнее перспективы логистизации таких систем.

Особенности логистических бизнес – процессов и логистического менеджмента в современных условиях

Инновационное развитие экономики предполагает не только применение новых производственных технологий, но и новых методов принятия решений и быстрой реализации всех управленческих операций. Существует объективная потребность в понимании и изучении сущности роли логистического сервиса для российской экономики и в первую очередь прогрессивных форм организаций логистического сервиса и инновационных методов его управления в условиях глобализации экономических процессов [2].

Внедрение современного логистического менеджмента на предприятии способствует снижению себестоимости и улучшению качества поставок – решающего конкурентного преимущества в условиях российского рынка. Обслуживание потребителей является одной из важнейших функций логистики. Именно эта функция наполняет смыслом логистическую концепцию не только на стадии распределения, но и в целом. В связи с этим все большее распространение в мировой практике приобретает аутсорсинг. Для того чтобы определить целесообразность передачи той или иной функции на аутсорсинг нужно рассмотреть её с позиции четырёх аспектов: стратегического фокуса, операционной способности, финансовой выгоды и возможности для совершенствования внутри предприятия.

Концепция аутсорсинга заключается в отсутствии необходимости использования собственных ресурсов для организации логистических операций, которые фирма может доверить внешнему партнеру, в том числе транспортным организациям. На развитие рынка логистического аутсорсинга влияют четыре основных фактора:

- глобализация снабженческих и сбытовых сетей и глобализация торговли. Межрегиональное и международное сотрудничество компаний способствовали усложнению логистических цепочек поставок. В связи с этим появление логистических провайдеров является важным фактором улучшения управления международной логистикой, особенно для компаний, которые не имеют необходимого опыта и компетенций;

- управление цепочками поставок (логистическими цепочками). 3PL-провайдеры могут представить необходимые

логистические ресурсы без дополнительных затрат на зарплату, содержание автомобильного хозяйства, складских помещений;

- давление потребителей. Один из факторов успеха эффективного управления логистическими цепочками – соблюдение растущих требований покупателей к выполнению заказов и поставке;

- применение аутсорсинга как бизнес-модели организации.

Обычно логистические провайдеры (3PL) - выступали как коммерческие организации, которые оказывают услуги в сфере логистики, выполняют отдельные операции или комплексные логистические функции, а также осуществляют интегрированное управление логистическими цепочками предприятия - клиента. В логистике существуют множество комплексных активностей, которые могут быть переданы на аутсорсинг, такие как: управление входящими потоками материалов, управление запасами, упаковка, транспортировка, поставки «just-in-time» и т.д. Но прежде чем передать ту или иную функцию на аутсорсинг необходимо проанализировать все аспекты работы предприятия, на которые повлияет передача функций (например, на контроль цепочек поставки, на сезонные колебания спроса на продукцию и т.д.).

Как правило, компании передают в аутсорсинг важные логистические функции (активности) и активности, ориентированные на покупателя, а также функции, в значительной мере связанные с транспортировкой грузов и информационными технологиями. Увеличивающиеся ожидания компаний – клиентов относительно комплексности оказываемых услуг, применение информационных технологий, индивидуализация логистических решений и улучшение всей логистической цепочки предприятия, ведущие к увеличению конкурентных преимуществ компании, способствуют интеграции логистических провайдеров (посредством слияний/поглощений). Новый тип провайдеров стал называться – 4PL провайдеры.

Провайдеры логистических услуг объединяются не только с аналогичными компаниями. Многие из них соединяют свои усилия с консалтинговыми компаниями и провайдерами информационных технологий. 4PL провайдер является интегратором всей логистической цепи предприятия. Он управляет своими ресурсами, возможностями, технологиями и ресурсами поставщиков

дополнительных услуг, обеспечивая полное и исчерпывающее решение относительно логистической цепи компании. Ключ его успеха – это предоставление лучших решений для компании – клиента, на основе достижения соответствующего уровня сотрудничающих с ним 3PL провайдеров, провайдеров технологий и менеджеров бизнес-процессов [3].

4PL провайдер обеспечивает сочетание стратегического управления логистическими цепями и оперативного управления вопросами реализации и выполнения стратегических решений. Более того, высокий уровень услуг для конечного клиента достигается за счет повышения технологического уровня консультантов, провайдеров информационных технологий и 3PL провайдеров. Рост доходов достигается за счет улучшения качества продукта, его доступности и улучшения работы клиентской службы за счет применения ведущих технологий. Так как 4PL провайдеры концентрируют свое внимание на управлении всей логистической цепью, может быть достигнуто значительное улучшение качества услуг. Сокращение операционных затрат на 15% может достигнуто за счет повышения операционной эффективности, расширения процесса и сокращения расходов на поставку путем полного аутсорсинга функций логистической цепочки. Таким образом, хотя концепция аутсорсинга развивается уже довольно продолжительное время и рынок аутсорсинга оценивается во многие миллиарды долларов, в России ему уделяется недостаточно внимания. На основе вышеприведенных тенденций, можно сделать вывод, что у рынка логистики, и, в частности, у логистического аутсорсинга есть мощный потенциал для развития, как за рубежом, так и в России для формирования новых форм ведения хозяйства, в частности формирование кластеров в транспортной отрасли.

Предложению пакета транспортных услуг предшествует изучение потребностей заказчиков. В последние годы на транспорте ряда промышленно развитых стран исследованием потребностей стали заниматься специальные логистические центры и другие структуры. Цель подготавливаемых предложений заключается в том, чтобы обеспечить: повышение уровня работы транспорта; соблюдение сроков доставки грузов; повышение надежности и регулярности перевозок; сохранность товаров и т. д. [4]. На железных дорогах развитых стран существуют и другие организации,

занимающиеся логистическими услугами в соответствии с требованиями рынка, например, организации по экспедиторской деятельности, несущие ответственность за доставку груза, включая его перевозку от поставщика до потребителя, даже в тех случаях, когда груз перевозится в смешанных сообщениях.

В настоящее время в целях повышения качества обслуживания клиентов экспедиторские организации строят новые терминалы, которые будут располагать цехами для технического обслуживания большегрузных автомашин. Планируется, что некоторые терминалы будут иметь свою собственную железнодорожную ветку, а для сокращения времени на таможенные формальности на них предполагается ввести в эксплуатацию электронную систему таможенного контроля. Весьма важным для транспортных фирм стал обмен данными грузовых накладных с компьютера грузоотправителя на компьютер перевозчика и далее на компьютер грузополучателя, а также электронный перевод ценных бумаг, сведений о местонахождении грузов и некоторой другой информации. Распределение программ производства, снабжения и сбыта, работающих строго по графику («Канбан» и «Точно в срок»), - это результат совершенствования методов производства товаров и доставки их на рынок. Взаимосвязь и взаимозависимость всех логистических элементов, включая транспорт, обусловили необходимость комплексного подхода к их дальнейшему развитию, на базе которого и происходило формирование инновационных транспортных систем сбора и распределения материальной продукции.

Появление на рынке услуг региональных транспортных компаний по сбору и распределению грузов и перевозке их к торговым зонам снизили конкурентоспособность промышленных фирм, владеющих центрами распределения и традиционными транспортными организациями по доставке грузов мелкими партиями. Последние, так же, как и автотранспортные компании, осуществляющие магистральные перевозки, были вынуждены прибегнуть к более дифференцированным видам обслуживания. Кроме того, новые региональные организации по сбору грузов, установив свои цены и нормативы обслуживания, начали предлагать

специализированные услуги в данной сфере деятельности, направленные на удовлетворение, информационное обслуживание, размещение заказов на производство.

В ближайшей перспективе универсальные логистические компании станут основной формой организации посреднических и транспортных систем во многих странах. Среди предпосылок организационно-экономического плана, влияющих на формирование систем логистического сервиса, необходимо выделить усиление, с одной стороны, конкуренции, с другой – интеграционных процессов организационных структур бизнеса; увеличение количества и изменение отношений между производителями продукции и их партнерами в бизнесе.

Важно учитывать, что меняется и характер конкуренции, происходит переход от конкуренции отдельных предприятий к конкуренции союзов, альянсов, групп предприятий в распределении. Внедрение систем логистического сервиса позволит оптимизировать прибыль партнеров по бизнесу. Появление большого числа коммерческо-торговых, транспортных, экспедиторских, складских, информационных и других предприятий подрядчиков повлекло за собой усложнение рыночных взаимоотношений, как между ними, так и между производителями, подрядчиками и потребителями продукции. Это, в свою очередь требует поиска новых форм управления, отношений координации и интеграции партнеров по бизнесу – формирование кластеров транспортной отрасли, что успешно может быть реализовано в системах логистического сервиса различного уровня.

Принципиальным для формирования систем логистического сервиса является фактор эффективного удовлетворения потребностей потребителей. Возрастающие роли обеспечения требуемого уровня обслуживания, ужесточение требований потребителей к уровню качества обслуживания, стимулирует оптимизационные подходы специалистов предприятий-производителей и подрядчиков к производству и доставке продукции. Эффективная реализация таких подходов возможна только на основе синтеза систем логистического сервиса.

О необходимости установления прочных организационных связей в логистической цепи для повышения ее общей конкурентоспособности указывают известные специалисты в области логистики Д. Бауэрсокс и Д. Клосс, считая, что сотрудничество ведет к сокращению риска и значительному росту эффективности всего логистического процесса, предотвращает непроизводительные затраты и дублирование действий [1]. Действительно, реализация участниками канала научно-обоснованных принципов формирования стабильных партнерских отношений, маркетинга взаимодействия и интегрированной логистики позволяет получать все преимущества от долговременного сотрудничества, гибко и оперативно решать все возникающие проблемы, осуществлять совместные действия по качеству обслуживания и уровня удовлетворенности потребителей [5].

Исследования и проводимые опросы среди предпринимательских структур показывают, что функции совместной деятельности клиентов и поставщиков (более 81%) должны быть интегрированы в SCM (Supply Chain Management – управление цепями поставок). Относительно меньший процент по интеграции функций занимают финансы (32%), сбыт (32%) и развитие производство продукции (24%). Фактически в организационном отношении необходимо учитывать и прогнозировать глобальные тенденции в развитии менеджмента, которые диктуются необходимостью адаптации и конкурентоспособностью компании в мировом экономическом пространстве. Таким образом, внимание на то, что элементами SCM является соответствующие структуры, которые связаны между собой материальными, информационными и финансовыми потоками, причем (компания), которые заняты добычей и переработкой сырья, производственные компании, розничные и оптовые и конечные потребители [6].

В стремлении сократить логистические издержки, многие компании внедряют концепции оптимизации потока, запасов, времени и соответственно, издержек, что и приводит к снижению надежности и устойчивости цепи, так как возрастает фактор уязвимости и возможности появления возмущающих воздействий и отклонений. Данные концепции ориентированы на информационную интеграцию предприятий с

целью синхронизации и актуализации данных о потребностях и запасах в цепях приводят к повышению сложности логистических бизнес-процессов.

Прогресс в управлении цепями поставок во многом связан с изучением вопросов неопределенности цепей поставок, что явилось логическим продолжением научных разработок по проблемам интеграции в цепях поставок, создание концепций «бесшовного» материального потока и «бережливого производства», ориентированных на уменьшение неопределенности в цепи поставок.

Неопределенность (недостаточность информации) возникает на протяжении всей цепочки создания ценности.

При рассмотрении основных функциональных областей организации бизнеса можно выделить четыре основные сферы возникновения неопределенности: производственные процессы (бизнес-процессы), снабжение, спрос (распределение) и контроллинг. Эта декомпозиция позволит охватить всю цепочку создания ценности: продукта и своевременно предотвращать появление неопределенности. Появление неопределенности в производственных процессах компании оказывает негативное влияние на способность организации выполнять доставку продукции в срок. Уровень неопределенности может быть задан на основе понимания выходных параметров процессов и ожидаемых сроков выполнения операций (доставки). Также, если процесс доставки определенного продукта конкурирует с другими добавляющими ценность процессами за ресурсы, то взаимодействие между данными процессами должно быть изучено и описано.

Тенденция такова, что, как правило, территориальное управление цепями поставок отдают на аутсорсинг – это экономически выгодно. Важная проблема в цепи поставок кроется в несовершенных отношениях между компаниями, приводящих к повышению цены конечного продукта, который теряет свое ценовое преимущество по сравнению с продуктом конкурента. Еще одной проблемой является неправильное соотношение затрат и прибыли [7]. Проблема ценообразования может возникать из-за ценового давления со стороны партнеров. Поэтому приходится приступать к поиску новых партнеров, что предполагает новые затраты.

Оценка надежности и контролинг цепи поставок

В цепи поставок отдельные логистические функции, так как они отданы на аутсорсинг, не могут контролироваться и участвовать в логистическом мониторинге в затратах цепи полной стоимости (компания аутсорсинга заинтересованы в получении своей прибыли, тем самым увеличивая общие затраты и цену продукции на обслуживание конечного потребителя); должна быть финансовая граница, за которую нельзя и экономически не выгодно выйти посреднику, рискуя потерять клиентов. В связи с этим важное значение приобретает контролинг, предполагающий осуществления информационно-аналитической поддержки принятия решений в менеджменте. Обеспечение руководства информацией о текущем состоянии дел компании и спрогнозированных последствия изменений внутренней или внешней среды.

В современных условиях актуальной является система ERP – система

планирования ресурсов корпорации, предложенная аналитической группой Gartner Group. На высококонкурентном цивилизованном рынке необходимо применять системы CRM – управление взаимоотношениями с клиентами, так как главным в фокусе внимания организаций становятся не продукты, а клиенты. В настоящее время акцент в планировании ресурсов организаций логистического сервиса (на основе ERP – систем) смещается к поддержке и реализации процессов управления цепью поставок (SCM-систем), управления взаимоотношениями с заказчиками (RM-систем) и электронного бизнеса (e-commerce систем).

Таким образом, задачи, решаемые контроллингом в практике хозяйственной деятельности в условиях интеграционных процессов, на наш взгляд, обусловили необходимость дополнения задач контроллинга задачами в области логистики, так и цепи поставок (см. таблицу).

Таблица 1 – Основные задачи контроллинга

Виды контроллинга	Решаемые задачи
Контролинг в системе управления	Целевая задача стратегического контроллинга – обеспечение продолжительного функционирования компании. Основная задача оперативного контроллинга – обеспечение методической, информационной и инструментальной поддержки менеджеров компании
Финансовый контролинг	Поддержание рентабельности и обеспечение ликвидности компании
Контролинг на производстве	Информационное обеспечение процессов производства и управления
Контролинг маркетинга	Информационная поддержка эффективного менеджмента по удовлетворению потребностей клиента
Контролинг обеспечения ресурсами	Информационная обеспечение процесса приобретения производственных ресурсов, анализ закупаемых ресурсов, расчет эффективности работы отдела снабжения
Контролинг в сфере логистики	Текущий контроль за экономичностью процессов складирования и транспортировки материальных ресурсов; движение информации и финансов
Контролинг в SCM	Контроль за оптимизацией цепи поставок; анализ надежности элементов SCM

Мировой тенденцией на рынке логистических услуг, является создание безопасных цепей поставок. Данная проблема остается одной из ключевых в системе управления бизнесом. Международная цепь поставок представляет собой процесс от производства рассчитанных на экспорт товаров до их доставки получателю. В данной цепи участвуют производитель товара, экспортер, экспедитор, владелец склада, таможенный представитель, перевозчик, импортер. В связи с этим, можно сказать, что цепь поставок

надежно настолько, насколько надежно ее самое слабое звено, и именно часто логистическая часть или ее элементы оказываются недостаточно надежными. Однако, до недавнего времени многие российские торговые и производственные компании самостоятельно выполняли функции по доставке, хранению и таможенному оформлению. Связано это было с отсутствием предложений качественного логистического сервиса.

При проектировании и оценки логистической цепи необходимо определить функцию полезности организации аутсорсинга. В практической деятельности каждая организация может выбрать свою методику. Как показывает опыт, они могут отличаться друг от друга, но, как правило, содержать определенные этапы:

1. Оценка альтернативных вариантов цепей поставок по параметрам групп логистических бизнес-процессов. Для каждого параметра оценки альтернативного варианта цепи поставок определяется значения функции принадлежности, на основании которых строится морфологическая матрица и определяется общая функция принадлежности по каждой группе логистических бизнес-процессов. На основании матрицы нечетких отношений путем операции пересечения нечетких множеств. Оценивают альтернативный вариант, в котором производство (транспортировка, складирование) распределено между несколькими звеньями логистической цепи, строят морфологическую матрицу отдельно для этого варианта, отражают значения функции принадлежности по каждому параметру для каждого звена в отдельности.

2. Выбор оптимального варианта цепи поставок по критерию оптимальности. По всем результатам оценки альтернативных вариантов логистических бизнес-процессов формируется итоговая морфологическая матрица, строками которой являются общие функции принадлежности по каждой группе логистических бизнес-процессов.

На основе максимального значения полученной функции полезности определяют оптимальный вариант цепи поставок и осуществляют оптимизацию логистических бизнес-процессов.

Заключение

Таким образом, при предоставлении логистических услуг важно учитывать особенности жизненного цикла продукции. Характер требований клиентов к обслуживанию меняется в соответствии с жизненным циклом продукта. Для этого, чтобы система обслуживания могла удовлетворить меняющиеся потребности потребителей, она сама должна со временем претерпевать изменения. Разрабатывая стратегию обслуживания потребителей, следует четко представлять возможности компании в предоставлении логистического обслуживания. Для того, чтобы обслуживание клиентов соответствовало ресурсным возможностям

компании, наряду с выявлением базовых выявлений клиентов должен быть организован контроллинг цепи поставок.

Библиографический список

1. Бауэрсокс Д.Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок: пер. с англ./ Д. Дж. Бауэрсокс, Д. Клосс. – 2-е изд. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005. – 640 с.
2. Бирюков, В.В. Модернизация управления автотранспортным предприятием и осуществление организационно-экономических изменений / В.В. Бирюков // Формирование транспортно-логистической инфраструктуры. Стратегические направления повышения конкурентоспособности транспортного комплекса России: Материалы IV международной научно-практической конференции в рамках. – Омск: СибАДИ. 2013. Кн. 4. – С. 136-141.
3. Хаирова, С. М. Выбор концепций логистики транспортными системами России при формировании опорных сетей и интеграции услуг / С. М. Хаирова. // Вестник СГТУ, 2014. – 1(74). – С. 217-222.
4. Кирничный, В. Ю. Национальная транспортная система: тенденции и факторы развития в современных условиях / В. Ю. Кирничный // Вестник СибАДИ. – 2012. - № 24. – С. 102-106.
5. Хаиров, Б. Г. Выбор и развитие адаптивной структуры управления логистическими инновационными потоками в едином пространстве кластера лесопромышленного комплекса / Б. Г. Хаиров. // Вестник СГТУ. – 2014.– №1(74). – С.214-217.
6. Казарновский, А. С. Сущность и особенности формирования логистических инфрасистем / А. С. Казарновский, Д. В. Чернова. // Российское предпринимательство. – 2003. – № 10 (46). – С. 18-25.
7. Пустохина, И. Управление цепями поставок: проблемы, их причины и пути решения / И. Пустохина // Логистика. – 2013. – №10. – С.35-37.

PECULIARITIES OF DEVELOPING LOGISTIC BUSINESS PROCESSES IN MODERN CONDITIONS

S. M. Khairova, S. V. Potapova

Abstract. The authors have investigated the main tendencies and factors of developing logistic business-processes and forms of the organization of logistic service. There are revealed peculiarities of logistic management in modern conditions. There is considered a methodical approach to the reliability's assessment and problems of controlling supply chains are defined.

Keywords: supply chains, services, expenses, controlling, business processes.

References

1. Bauersoks D. G. *Logistika: integrirovannaja cep' postavok: per. s angl* [Logistics: the integrated supply chain]. Moscow, ZAO Olimp-Biznes, 2005. 640 p.
 2. Birukov V.V. Modernizacija upravlenija avtotransportnym predprijatijem i osushhestvlenie organizacionno-jekonomicheskikh izmenenij [Modernization of management of a motor transport enterprise and implementation of organizational and economic changes]. *Formirovanie transportno-logisticheskoy infrastruktury. Strategicheskie napravlenija povyshenija konkurentosposobnosti transportnogo kompleksa Rossii: Materialy IV mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v ramkah*. Omsk, SibADI. 2013. pp. 136-141.
 3. Khairova S. M. Vybor koncepcij logistiki transportnymi sistemami Rossii pri formirovanii opornyh setej i integracii uslug [Selecting logistics' concepts by transport systems of Russia at forming basic networks and integration of services]. *Vestnik SGTU*, 2014, 1(74). pp. 217-222.
 4. Kirnichny V. Y. Nacional'naja transportnaja sistema: tendencii i faktory razvitija v sovremennyh uslovijah [National transport system: tendencies and factors of development in modern conditions]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 24. Pp. 102-106.
 5. Khairov B. G. Vybor i razvitie adaptivnoj struktury upravlenija logisticheskimi innovacionnymi potokami v edinom prostranstve klastera lesopromyshlennogo kompleksa [Choice and development of an adaptive structure of managing logistic innovative flows in the united space of a timber industry's cluster]. *Vestnik SGTU*, 2014, no 1(74). pp. 214-217.
 6. Kazarnovskiy A. S., Chernova D. V. Sushhnost' i osobennosti formirovanija logisticheskikh infrasistem [Essence and features of forming logistic infrasystems]. *Rossijskoe predprinimatel'stvo*, 2003, no 10 (46). pp. 18-25.
 7. Pustokhina I. Upravlenie cepjami postavok: problemy, ih prichiny i puti reshenija [Supply chain management: problems, reasons and solution]. *Logistika*, 2013, no 10. pp.35-37.
- Хаирова Саида Миндуалиевна (Россия, г. Омск) – доктор экономических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление качеством и сервис», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: saida_hairova@mail.ru)
- Потапова Светлана Владимировна (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры «Управление качеством и сервис», ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: potapova11@mail.ru)
- Khairova Saida Mindualievna (Russian Federation, Omsk) – doctor of economic sciences, associate professor, head of the department "Quality management and service", The Siberian State Automobile and Highway academy (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: saida_hairova@mail.ru)
- Potapova Svetlana Vladimirovna (Russian Federation, Omsk) – senior lecturer of the department "Quality management and service", The Siberian State Automobile and Highway academy (644080, Omsk, Mira Ave. 5, e-mail: potapova11@mail.ru)

РАЗДЕЛ V

ВУЗОВСКОЕ И ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

УДК 372.851

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ В ЭКОНОМИЧЕСКОМ ВУЗЕ

Н. А. Бурмистрова, Н. А. Мещерякова

Омский филиал федерального государственного образовательного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье представлены результаты изучения методических особенностей использования компьютерных технологий в процессе обучения математике студентов направления «Экономика» на основе компетентностного подхода. Предложен методический прием использования возможностей табличного процессора Microsoft Excel в построении экономико-математической модели, что обеспечивает возможность трансформации совокупности знаний, умений и навыков, приобретаемых на занятиях по математике, в профессионально востребованные теоретические, практические и личностные качества будущих бакалавров в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Ключевые слова: компьютерные технологии, профессионально направленное обучение математике, компетентностный подход.

Введение

Анализ научных исследований ([1], [2], [3], [4], [5]) и педагогической практики показывает, что умение использовать компьютерные технологии, традиционно формируемое при обучении информатике, является недостаточным в условиях современного информационного общества. Работодатель желает видеть профессионально компетентного работника, способного быстро принимать правильные решения, готового к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной мобильности [6]. В этой связи, с позиций компетентностного подхода, студенту необходимы не только знания о компьютерных технологиях, которые он получает на занятиях по информатике, но и опыт их использования при решении профессионально ориентированных задач для формирования общекультурных, общепрофессиональных, профессиональных и прикладных компетенций, соответствующих требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования [7].

В свою очередь, результаты анализа возможностей компьютерных технологий, используемых в высшей профессиональной школе, демонстрируют широкий спектр

компьютерных средств и программных продуктов, позволяющих решать принципиально новые дидактические задачи, но обнаруживают недостаточность разработки научно-методических подходов к их внедрению в процесс математической подготовки бакалавров направления «Экономика» [8].

Выявленное противоречие между опережающими темпами внедрения компьютерных технологий во все сферы современного общества и недостаточным их использованием в процессе математической подготовки бакалавров направления «Экономика» позволило выделить в качестве наиболее эффективно используемых для анализа финансово-экономических объектов, процессов и явлений такие инструменты компьютерных технологий как универсальные математические системы и электронные таблицы [9]. Целесообразность внедрения компьютерных технологий в процесс профессионально направленного обучения математике с учетом его содержательного и процессуального компонентов продемонстрируем на примере использования электронной таблицы MS Excel для решения профессионально ориентированных математических задач экономического содержания.

Профессионально направленное обучение математике с использованием компьютерных технологий

Учитывая, что детализация формируемых в рамках предметной области «Математика» общекультурных, общепрофессиональных, профессиональных и прикладных компетенций будущих бакалавров направления «Экономика» демонстрирует значимость овладения методом математического моделирования, рассмотрим возможности компьютерных технологий в формировании у студентов умений и навыков математического моделирования в области профессиональной деятельности. Необходимость усиления интегрирующей роли информатики в этом случае очевидна, поскольку компьютерная поддержка позволяет естественным образом реализовывать межпредметные связи математики с экономическими дисциплинами в условиях организации профессионально направленного обучения [10].

В настоящем исследовании под профессиональной направленностью обучения математике будем понимать такое содержание учебного материала и организацию его усвоения в таких формах и видах деятельности, которые соответствуют логике построения курса математики и моделируют практические задачи будущей профессиональной деятельности [11].

Рассмотрим практический аспект проблемы исследования – технологию метода математического моделирования, включающего следующие этапы:

1. Перевод практической ситуации на математический язык.

2. Решение математической задачи средствами выбранной теории.

3. Перевод результата решения математической задачи на язык той отрасли, в которой была сформулирована исходная задача.

На примере решения задачи линейного программирования в рамках изучения дисциплины «Методы оптимальных решений» продемонстрируем возможность организации профессионально направленного обучения в контексте формирования навыков математического моделирования.

Задача. В России, начиная с 1975 г., производят выпуск монет инвестиционного назначения. Поскольку операции с инвестиционными монетами не облагаются налогом на добавленную стоимость, то в отличие от коллекционных монет, золота в слитках и ювелирных изделий, являются более выгодным способом размещения денежных средств. Рассмотрим ситуацию, когда на Московском монетном дворе производят чеканку инвестиционных монет номиналом 10 руб. и 50 руб., стоимостью соответственно 1 тыс. руб. и 2 тыс. руб. В качестве лигатуры для монетных сплавов используют серебро, золото и платину, имеющиеся в количествах 6, 10, 8 грамм. Для чеканки десятирублевой монеты необходимы 1 грамм серебра и 2 грамма золота, пятидесятирублевой – 1 грамм серебра, 1 грамм золота и 2 грамма платины. Требуется определить количество монет, обеспечивающее Банку России наибольшую прибыль.

Решение. Представим данные задачи в табличной форме (таблице 1).

Таблица 1 – Данные задачи

Виды инвестиционных монет Состав лигатуры монетных сплавов	Нормы расхода металла для чеканки монет, граммы		Запасы драгоценных металлов, граммы
	Номинал 10 рублей	Номинал 50 рублей	
Серебро	1	1	6
Золото	2	1	10
Платина	0	2	8
Стоимость одной монеты, тыс. рублей	1	2	

Решение задачи требует построения модели, удовлетворяющей двум условиям: требованию ограничений использования запасов драгоценных металлов для чеканки

монет и максимизации прибыли от реализации монет.

В соответствии с вопросом задачи введем переменные: x_1 , x_2 – количество

инвестиционных монет номиналом 10 рублей и 50 рублей.

По данным таблицы составляем систему ограничений

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 6, \\ 2x_1 + x_2 \leq 10, \\ 2x_2 \leq 8. \end{cases}$$

Требование неотрицательности переменных: $x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$.

Общий доход Банка России от реализации произведенных инвестиционных монет определяет целевая функция

$$F = x_1 + 2x_2.$$

Таким образом, математическая модель задачи имеет вид

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 6, \\ 2x_1 + x_2 \leq 10, \\ 2x_2 \leq 8, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \\ F = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max. \end{cases}$$

Продemonстрируем роль теории двойственности, позволяющей провести более глубокий анализ моделируемой ситуации. Для этого построим математическую модель двойственной задачи, используя следующие условия.

1. Если одна из двух двойственных задач на максимум, то другая задача на минимум.

2. Коэффициенты при переменных в целевой функции одной задачи являются свободными членами системы ограничений другой задачи.

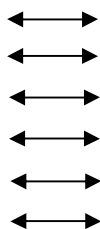
3. Каждому ограничению одной задачи соответствует переменная другой задачи.

4. Коэффициенты ограничений одной задачи образуют транспонированную матрицу коэффициентов системы ограничений другой.

5. В задаче на максимум все неравенства системы ограничений должны иметь вид « \leq », в задаче на минимум – « \geq ». Если для некоторого неравенства это требование не выполняется, его умножают на (-1).

Математическая модель прямой задачи

$$\begin{aligned} &F = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max \\ &\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 6, \\ 2x_1 + x_2 \leq 10, \\ 2x_2 \leq 8, \\ x_1 \geq 0, \\ x_2 \geq 0. \end{cases} \end{aligned}$$



Математическая модель двойственной задачи

$$\begin{aligned} &Z = 6y_1 + 10y_2 + 8y_3 \rightarrow \min \\ &\begin{cases} y_1 \geq 0, \\ y_2 \geq 0, \\ y_3 \geq 0, \\ y_1 + 2y_2 \geq 1, \\ y_1 + y_2 + 2y_3 \geq 2. \end{cases} \end{aligned}$$

Экономический смысл двойственной задачи.

Исследуем возможность продажи запасов драгоценных металлов при условии получения прибыли не меньшей, чем от реализации монет. Для этого необходимо определить предполагаемую стоимость 1 грамма драгоценного металла каждого вида.

Пусть y_1, y_2, y_3 – условная стоимость 1 грамма серебра, золота и платины, тогда выручка от продажи металла, необходимого для чеканки одной монеты номиналом 10 руб., составляет $y_1 + 2y_2$, что не должно быть меньше стоимости этой монеты (1

тыс. руб.), т.е. $y_1 + 2y_2 \geq 1$. Аналогично можно формализовать ограничение для продажи металла, необходимого для производства одной монеты номиналом 50 рублей: $y_1 + y_2 + 2y_3 \geq 2$.

Указанные условия характеризуют цель продавца драгоценных металлов – получение прибыли от продажи металла не меньшей, чем от продажи монет. Тогда цель покупателя – минимизировать затраты на приобретение запасов металла, т.е. $Z \rightarrow \min$.

Решим прямую задачу симплекс-методом.

$$\begin{cases} x_1 + x_2 \leq 6, \\ 2x_1 + x_2 \leq 10, \\ 2x_2 \leq 8, \end{cases} \begin{matrix} +x_3 \\ +x_4 \\ +x_5 \end{matrix} \Rightarrow \begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 = 6, \\ 2x_1 + x_2 + x_4 = 10, \\ 2x_2 + x_5 = 8, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_3 = -x_1 - x_2 + 6, \\ x_4 = -2x_1 - x_2 + 10, \\ x_5 = -2x_2 + 8. \end{cases}$$

$x_j \geq 0, j = (\overline{1,2}), \quad x_j \geq 0, j = (\overline{1,2}),$

$F = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max. \quad F = x_1 + 2x_2 \rightarrow \max.$

базисные переменные (БП) свободные переменные (СП)

СП БП	-x ₁	-x ₂	b _i
x ₃	1	1	6
x ₄	2	1	10
x ₅	0	2	8
F	-1	-2	0

X₁ = (0; 0; 6; 10; 8)
F₁ = 0

СП БП	-x ₁	-x ₅	b _i
x ₃	1	-1/2	2
x ₄	2	-1/2	6
x ₂	0	1/2	4
F	-1	1	8

X₂ = (0; 4; 2; 6; 0)
F₁ = 8

СП БП	-x ₃	-x ₅	b _i
x ₁	1	-1/2	2
x ₄	-2	1/2	2
x ₂	0	1/2	4
F	1	1/2	10

X₃ = (2; 4; 0; 2; 0)
F₃ = 10

Оптимальное решение прямой задачи:
X* = (2; 4; 0; 2; 0), F_{max} = 10.

Продemonстрируем преимущества компьютерных технологий для решения данной задачи. Воспользуемся возможностями электронной таблицы MS Excel, встроенным математическим инструментом «Поиск решения». На листе

MS Excel выделяем ячейки для переменных (изменяемые ячейки) и вводим произвольные значения, в свободную ячейку – формулу, определяющую целевую функцию, в отдельных ячейках записываем ограничения в виде формул, ссылающихся на изменяемые ячейки. Математическая модель задачи на рисунке 1.

	A	B	C	D	E
1	Математическая модель прямой задачи				
2		Кол-во выпускаемых монет		Изменяемые ячейки	
3		10 рублей	50 рублей		
4		1	1		
5		Стоимость одной монеты, тыс. руб.		Прибыль от продажи монет	
6		10 рублей	50 рублей		Целевая функция
7		1	2	=B4*B7+C4*C7	
8					
9		Нормы расхода металла, гр		Запасы драгоценных металлов, граммы	Затраты серебра на чеканку монет
10		10 рублей	50 рублей		
11	Серебро	1	1	6	=B11*\$B\$4+C11*\$C\$4
12	Золото	2	1	10	=B12*\$B\$4+C12*\$C\$4
13	Платина	0	2	8	=B13*\$B\$4+C13*\$C\$4
14					
15					
16					Ограничения
17					

Рис. 1. Вид листа Excel с отображенными формулами

Далее вызывается надстройка «Поиск решения», где в качестве целевой ячейки указывается D7, в качестве изменяемых ячеек – диапазон B4:C4, а в качестве

ограничений неравенства E11:E13<=D11:D13. Решение находится при нажатии кнопки «Выполнить» (рис. 2).

	A	B	C	D	E
1	Решение прямой задачи				
2		Кол-во выпускаемых монет			
3		10 рублей	50 рублей		
4		2	4		
5		Стоимость одной монеты, тыс. руб.		Прибыль от продажи монет	
6		10 рублей	50 рублей		
7		1	2	10	
8					
9		Нормы расхода		Запасы драгоценных	Затраты серебра
10		10 рублей	50 рублей		
11	Серебро	1	1	6	6
12	Золото	2	1	10	8
13	Платина	0	2	8	8

Рис. 2. Лист отчета по результатам решения прямой задачи

Найдем решение двойственной задачи (рис. 3, 4).

	A	B	C	D	E	F
1	Математическая модель двойственной задачи					
2	Изменяемые ячейки	Ст-ть 1 гр серебра	Ст-ть 1 гр золота	Ст-ть 1 гр платины	Выручка от продажи металла	Целевая функция
3		1	1	1	=B3*B4+C3*C4+D3*D4	
4	Запасы драгоценных металлов, гр	6	10	8		
5						
6		Нормы расхода металла, гр			Ст-ть монеты каждого номинала	Фактическая ст-ть монеты каждого
7		Серебро	Золото	Платина		
8	10 рублей	1	2	0	=B8*B9+C8*C9+D8*D9	1
9	50 рублей	1	1	2	=B9*B10+C9*C10+D9*D10	2
10						
11					Ограничения	

Рис. 3. Модель двойственной задачи

	A	B	C	D	E	F
1	Математическая модель двойственной задачи					
2		Ст-ть 1 гр серебра	Ст-ть 1 гр золота	Ст-ть 1 гр платины	Выручка от продажи металла	
3		1	0	0,5	10	
4	Запасы драгоценных металлов, гр	6	10	8		
5						
6		Нормы расхода металла, гр			Ст-ть монеты каждого номинала	Фактическая ст-ть монеты каждого
7		Серебро	Золото	Платина		
8	10 рублей	1	2	0	1	1
9	50 рублей	1	1	2	2	2

Рис. 4. Лист отчета по результатам решения двойственной задачи

Учитывая, что значения свободных переменных равны нулю, записываем оптимальное решение двойственной задачи

$$Y^* = \left(1; 0; \frac{1}{2}; 0; 0\right), Z_{\min} = 10.$$

Интерпретация решения прямой задачи. Оптимальное количество чеканки инвестиционных монет при известных запасах драгоценных металлов составляет: 2

монеты номиналом 10 руб., 4 монеты номиналом 50 руб. Сумма дохода от продажи данного количества монет – 10 тыс. руб. При таком плане организации производства монетного двора имеются остатки золота, которые составляют 2 грамма.

Интерпретация решения двойственной задачи. В том случае, если использовать запасы драгоценных металлов без

организации производства монет, то условная стоимость металлов составит: 1 тыс. руб., 0 тыс. руб., 500 руб. за 1 грамм серебра, золота и платины соответственно. При этом нулевая стоимость золота означает, что ресурс не является дефицитным и при сложившейся технологии производства имеется его остаток (2 грамма). В этой связи, в случае расширения производства, необходимо, в первую очередь, увеличивать запасы серебра, имеющего, в отличие от платины, более высокую условную стоимость, что, соответственно, обеспечит больший прирост целевой функции. Увеличение запасов золота не является рентабельным ввиду нулевой условной стоимости данного металла.

В части выявления тенденций динамики экономического процесса, двойственность позволяет определять целесообразность выпуска нового вида продукции (инвестиционной монеты номиналом 20 руб. и стоимостью 1,5 тыс. руб. при затратах драгоценных металлов в количествах 0, 2, 1 граммов серебра, золота и платины). Поскольку известны условные стоимости 1 грамма серебра, золота и платины (1; 0; 0,5) и нормы расхода драгоценных металлов (0; 2; 1), можно подсчитать суммарную условную стоимость необходимых для производства данной монеты ресурсов:

$$1 \cdot 0 + 0 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot 1 = \frac{1}{2} < 1,5.$$

Полученное соотношение демонстрирует целесообразность выпуска новой монеты, поскольку прибыль превышает затраты на производство. Очевидно, что последовательная реализация этапов метода математического моделирования при решении рассмотренной задачи способствует развитию у студентов умений определять стратегию профессионального поведения и целенаправленно осуществлять поиск необходимого решения в конкретной профессиональной ситуации.

Заключение

Проведенный анализ роли компьютерных технологий в организации профессионально направленного обучения математике на основе компетентного подхода подтверждает преимущества использования компьютерных программных средств:

- формирование умений и навыков математического моделирования;
- визуализация различных сценариев исследуемой практической ситуации с

использованием построенной математической модели;

- автоматизация громоздких математических вычислений.

Выявленные методические возможности использования компьютерных технологий в обучении математике позволяют студентам быстро манипулировать числовыми данными, вносить коррективы в исследуемый процесс, определять причинно-следственные связи, видеть и понимать последствия принимаемых решений.

Библиографический список

1. Гусева, А. И. Применение современных информационных технологий в преподавании высшей математики / А. И. Гусева, В. А. Карасев, В. В. Карасева // Вестник Московского городского педагогического университета. Серия «Информатика и информатизация образования». – 2012. – № 23. – С. 54–59.
2. Пушкарева, Т. П. Научно-методические основы обучения математике будущих учителей естественного происхождения с позиций информационного подхода: автореф. дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02 / Т. П. Пушкарева. – Красноярск, 2013. – 39 с.
3. Сафонова, Т. М. Использование информационных и коммуникационных технологий в рамках ФГОС нового поколения / Т. М. Сафонова, Г. А. Симоновская, Н. В. Черноусова // Педагогическая информатика. – 2012. – № 2. – С. 43–47.
4. Трайнев, В. А., Информационные коммуникационные педагогические технологии: учеб. пособие / В. А. Трайнев, И. В. Трайнев. – М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2008. – 280 с.
5. Barbour J. Teaching of undergraduate economics: a discussion list // Journal of economic education. 2003. T. 34. no 1. pp. 92.
6. Noskov M. V., Shershneva V. A. The Mathematics Education of an Engineer: Traditions and Innovations // Russian Educations & Society. 2007. T. 49, no 11. С. 70-84.
7. ФГОС ВО по направлению подготовки 380301 Экономика (уровень бакалавриата). – Режим доступа: <http://www.fgosvo.ru>
8. Алексенко, Н. В. Компьютерные технологии в обучении математике в условиях реализации ФГОС / Н. В. Алексенко, Н. А. Бурмистрова, Н. И. Ильина // Казанская наука. – 2013. – № 5. – С. 172–175.
9. Бурмистрова, Н. А. Компьютерные технологии в формировании математической компетентности: монография / Н. А. Бурмистрова. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, GmbH & Co. KG, 2013. – 131 с.
10. Бурмистрова, Н. А. Профессиональная направленность обучения математике как средство формирования математической компетентности будущих специалистов финансовой сферы / Н. А. Бурмистрова //

Сибирский педагогический журнал. – 2011. – № 4. – С. 30–38.

11. Вербицкий, А. А. Контекстное обучение в компетентностном подходе / А. А. Вербицкий // Высшее образование в России. – 2006. – № 11. – С. 39–51.

COMPUTER TECHNOLOGIES OF TEACHING MATHEMATICS IN ECONOMIC UNIVERSITY

N. A. Burmistrova, N. A. Meshcheryakova

Abstract. The authors present the research results of methodical aspects of using computer technologies in the process of teaching students, majoring in economics, of mathematics on the basis of the competency building approach. The authors offer a method of using possibilities of the tabular processor Microsoft Excel in economic and mathematical modeling that provides an opportunity to transform knowledge, skills and abilities received at the lessons of mathematics into professionally relevant theoretical, practical and personal qualities of prospective bachelors according to FSES HE requirements.

Keywords: computer technologies, profession-oriented teaching of mathematics, competency building approach.

References

1. Guseva A. I., Karasev V. A., Karaseva V. V. *Primenenie sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy v prepodavanii vysshey matematiki*. [Using modern information technologies in teaching the higher mathematics]. *Vestnik Moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Seriya Informatika i informatizatsiya obrazovaniya*, 2012, no. 23. pp. 54–59.

2. Pushkareva T. P. *Nauchno-metodicheskie osnovy obucheniya matematike buduschih uchiteley estestvoznaniya s pozitsiy informatsionnogo podhoda*. avtoref. dis. d-ra. ped. nauk [Scientific and methodical bases of training in mathematics of future teachers of natural sciences from the positions of information approach] Krasnoyarsk, 2013. 39 p.

3. Safonova T. M., Simonovskaya G. A., Chernousova N. V. *Ispolzovanie informatsionnykh i kommunikatsionnykh tekhnologiy v ramkakh FGOS novogo pokoleniy* [Using information and communication technologies within FSES of new generation]. *Pedagogicheskaya informatika*, 2012, no. 2, pp. 43–47.

4. Trainev V. A., Trainev I. V. *Informatsionnyie kommunikatsionnyie pedagogicheskie tekhnologii* [Information and communication pedagogical technologies]. Moscow, 2008. 280 p.

5. Barbour J. Teaching of undergraduate economics: a discussion list. *Journal of economic education*, 2003, vol. 34. no. 1. pp. 92.

6. Noskov M. V. Shershneva V. A. The Mathematics Education of an Engineer: Traditions and Innovations. *Russian Educations & Society*, 2007, vol. 49, no.11. pp. 70–84.

7. FGOS VO po napravleniyu podgotovki 380301 *Ekonomika (uroven' bakalavriata)* [FSES in the

direction 380301 “Economics” (bachelor degree level)]. Available at: <http://www.fgosvo.ru>

8. Aleksenko N. V., Burmistrova N. A., Ilina N. I. *Kompyuternye tekhnologii v obuchenii matematike v usloviyah realizatsii FGOS*. [Computer technologies in teaching mathematics in the conditions of FSES realization]. *Kazanskaya nauka*, 2013, no. 5. pp. 172–175.

9. Burmistrova N. A. *Komputernye tekhnologii v formirovanii matematicheskoy kompetentnosti* [Computer technologies in forming mathematical competence]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, GmbH & Co. KG, 2013. 131 p.

10. Burmistrova N. A. Professional'naya napravlennost' obucheniya matematike kak sredstvo formirovaniya matematicheskoy kompetentnosti buduschih spetsialistov finansovoy sferyi. [Professional orientation of teaching mathematics as a mean of forming mathematical competence of prospective specialists in the financial sphere]. *Sibirskiy pedagogicheskiy zhurnal*, 2011, no. 4. pp. 30–38.

11. Verbitskiy A. A. Kontekstnoe obuchenie v kompetentnostnom podxode. [Contextual training in the competence-based approach]. *Vyisshee obrazovanie v Rossii*, 2006, no.11. pp. 39–51.

Бурмистрова Наталья Александровна (Омск, Россия) – кандидат педагогических наук, доцент, кафедры «Высшая математика» Омского филиала федерального государственного образовательного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»(644043, Россия, г. Омск, ул. Партизанская, 6, e-mail: bur_na_a@mail.ru)

Мещерякова Наталья Ананьевна (Омск, Россия) – кандидат педагогических наук, доцент, кафедры «Информатика и информационные технологии» Омского филиала федерального государственного образовательного бюджетного учреждения высшего профессионального образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (644043, Россия, г. Омск, ул. Партизанская, 6, e-mail: mna1961@mail.ru)

Burmistrova Natalia Aleksandrovna (Omsk, Russian Federation) – candidate of pedagogical sciences, associate professor of the department “Higher mathematics”, Omsk brach of Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Financial University under the Government of the Russian Federation”, (644043, Omsk, Partizanskaya street, 6, e-mail: bur_na_a@mail.ru.)

Meshcheryakova Natalia Ananievna (Omsk, Russian Federation) – candidate of pedagogical sciences, associate professor of the department “Informatics and information technology”, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education “Financial University under the Government of the Russian Federation”, Omsk Branch, (644043, Omsk, Partizanskaya street, 6, e-mail: mna1961@mail.ru)

УДК 378.2

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ БАКАЛАВРА И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ НА СОИСКАНИЕ СТЕПЕНИ «ПРИКЛАДНОЙ БАКАЛАВР»

А. П. Жигадло¹, А. И. Бокарев², Т. П. Хохлова¹

¹ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

²ФГБОУ ВПО «ОмГТУ», Россия, г. Омск.

***Аннотация.** В статье освещены вопросы, связанные с определением объемов, требований к содержанию, выполнением и публичной защитой выпускной квалификационной работы будущих прикладных бакалавров. Авторами подчеркивается взаимосвязь содержания ВКР с будущей профессиональной деятельностью выпускников вуза. Особое внимание уделено значению практической направленности ВКР выпускников вуза, освоивших программу прикладного бакалавриата.*

***Ключевые слова:** прикладной бакалавриат, выпускная квалификационная работа, степень «бакалавр», научно-практическое исследование, требования к выпускной квалификационной работе.*

Введение

Известно, в 2003 г. Россия подписала Болонскую декларацию, и российское высшее образование совершило переход на уровневую систему высшего профессионального образования, что позволило вузам расширить возможности в удовлетворении многообразных интеллектуальных, профессиональных и финансовых возможностей личности в получении высшего профессионального образования. При этом ранее привычная для нашей страны траектория высшего профессионального образования «специалитет» сохраняется только по некоторым специальностям, перечень которых ежегодно сокращается [1].

Сейчас, когда в вузах вводится система подготовки кадров по программам прикладного бакалавриата, закономерно возникла проблема, заключающаяся в уточнении требований к выпускным квалификационным работам (ВКР) студентов, обучающихся по программам прикладного бакалавриата относительно каждого профиля подготовки [2].

Требования к структуре и содержанию ВКР прикладных бакалавров

В настоящее время СибАДИ осуществляет подготовку кадров как по программам академического, так и прикладного бакалавриата, как за счет средств федерального бюджета, так и на коммерческой основе. Ежегодно в вузе увеличивается число аккредитованных программ подготовки бакалавров. Согласно толковому словарю С.И. Ожегова, бакалавр – это ученая степень, а также лицо, имеющее эту степень [3]. В соответствии с федеральными

государственными стандартами, бакалавр – это квалификация, а также, в некоторых случаях, – академическая степень. Контингент бакалавриата – это выпускники средних образовательных школ, колледжей, а также сотрудники предприятий, имеющие среднее профессиональное образование (рис. 1).

Следует отметить, что в настоящее время реализация программ прикладного бакалавриата в СибАДИ осуществляется по тем профилям подготовки, которые в настоящее время представляют особую ценность для реального сектора экономики.

Согласно положениям ФГОС ВПО, студенты, выполнившие все требования учебного плана подготовки по программе прикладного бакалавриата, допускаются к итоговой государственной аттестации, которая представляет собой публичную защиту ВКР.

ВКР, как правило, разрабатывается в интересах предприятия (организации) и представляет собой исследование одного из действующих процессов (систем), ориентированного на разработку рационального предложения с целью повышения эффективности его функционирования, и оформляется в виде рукописи. Следовательно, ВКР можно классифицировать как научно-практическое исследование.

Однако у студентов, обучающихся по программе прикладного бакалавриата и приступающих к работе над ВКР, возникают вопросы, связанные с выполнением требований, предъявляемых к ней, и содержанием результатов, выдвигаемых для ее публичной защиты.

Ответы на данный вопрос можно получить, если рассмотреть, в чем заключается профессиональная деятельность

выпускников прикладного бакалавриата и проанализировать требования, предъявляемые к их ВКР.

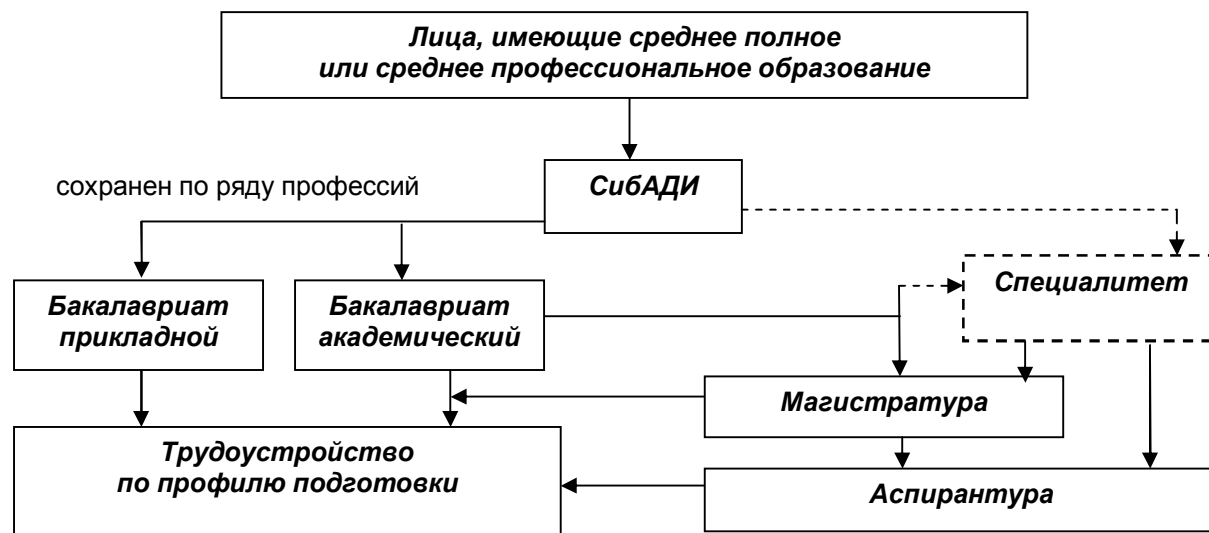


Рис. 1. Система подготовки кадров в СиБАДИ

В соответствии с ФГОС ВПО видами профессиональной деятельности, к которым готовятся выпускники программ бакалавриата с присвоением квалификации «прикладной бакалавр», являются:

- производственно-технологическая деятельность;
- проектно-технологическая деятельность;
- организационно-управленческая деятельность [7],

что не отменяет применение ими при написании ВКР соответствующего научно-методического аппарата. Следовательно, профессиональная готовность прикладного бакалавра определяется его умением выполнять научно-практическое исследование действующих процессов (систем) на фактическом материале для получения результатов, ориентированных на разработку рациональных предложений с целью повышения эффективности их функционирования. Доказательством сформированных профессиональных компетенций прикладного бакалавра является публичная защита им ВКР.

На наш взгляд, справедлива точка зрения тех преподавателей, которые считают, что ВКР представляет собой самостоятельное и логически завершенное научно-практическое исследование, ориентированное на разработку рационального предложения того вида профиля подготовки, к которой

готовится выпускник, подготовленное для публичной защиты с целью присуждения автору квалификации «прикладной бакалавр». В связи с этим ВКР должна отвечать следующим основным требованиям, предъявляемые к ВКР[4]:

- единоличное написание и на актуальную тему;
- авторская самостоятельность;
- внутреннее единство;
- наличие совокупности полученных результатов и новизны разработки технических, организационных предложений и т.п.;
- полнота изложения;
- грамотное изложение и правильное оформление;
- апробирование полученных результатов.

Таким образом, ВКР представляет собой завершенное научно-практическое исследование, содержащее разработку рационального предложения, направленного на повышение эффективности функционирования действующего процесса (системы) предприятия. Следовательно, в качестве объекта исследования выступает действующий процесс (система) предприятия, а предметом исследования - режим функционирования действующего процесса (системы) (рис.2).

Из приведенных сведений можно выделить существенный признак ВКР прикладного бакалавриата, который отражает

содержание ее результата и отличает от других ВКР, например от МД.

Следует отметить, что задачи, решаемые выпускником прикладного бакалавриата в процессе выполнения ВКР, заключаются в разработке рационального предложения (технического, организационного и т.п.) в интересах конкретного предприятия по профилю подготовки.

Следует заметить, что разработка рационального предложения выполняется на основании анализа различных вариантов и сравнительной оценки разрабатываемого и существующих вариантов решения конкретной производственной задачи, и, следовательно, соответствует по содержанию первой стадии решения прикладной задачи, что отражено в ряде источников, например, [5].

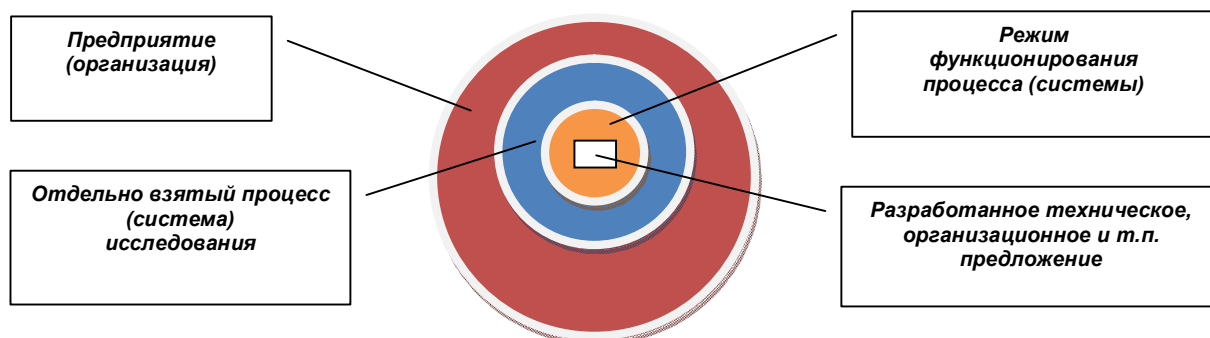


Рис. 2. Основания для уточнения требований к ВКР выпускников прикладного бакалавриата

Рассмотрим кратко содержание основных требований, предъявляемых к ВКР в целом (независимо от профиля подготовки).

1. ВКР выполнена единолично и на актуальную тему. ВКР выполняется самостоятельно (единолично) под научным руководством преподавателя, как правило, по заданию от предприятия (организации) и соответствует образовательной программе подготовки бакалавров.

Актуальность темы доказывается тем, что на основе анализа фактического материала выявлена проблема, в разработке которой непосредственно заинтересовано предприятие (организация).

2. ВКР имеет авторскую самостоятельность. Авторская самостоятельность проявляется в анализе фактического материала о состоянии отдельно взятого важного процесса (системы) предприятия (организации) с целью получения научных результатов, направленных на повышение эффективности его функционирования, что свидетельствует о личном вкладе автора в практику путем разработки рациональных предложений (т.е. решения важных прикладных задач) по профилю подготовки.

3. ВКР имеет внутреннее единство. Внутреннее единство ВКР реализуется в структуре исследования и оформляется в виде содержания. Оно достигается

обоснованным выбором темы, грамотностью формулировки проблемы, цели и задач исследования, обоснованностью выбора объекта и предмета исследования, логичностью и упорядоченностью структуры, расположения материалов в разделах. В этом случае каждый последующий структурный элемент пояснительной записки органически вытекает из предыдущего, а предыдущий элемент создает основу следующего.

4. ВКР должна содержать конкретные результаты и обладать новизной разработки рационального предложения (технического, организационного и т.п.) по профилю подготовки. Нацеленность автора на использование соответствующего научно-методического аппарата является главным достоинством ВКР. Такая ВКР приобретает ценность за счет наличия практических результатов.

Практические результаты находят свое выражение в виде формулировок рекомендаций (выводов), имеющих строгую аргументацию. Они имеют практическую значимость, так как на их основе разрабатываются рациональные технические, организационные и т.п. предложения, направленные на повышение эффективности функционирования действующих процессов (систем).

Рациональные предложения должны обладать новизной разработки.

Известно, что новизна решения прикладной задачи может быть достигнута [6]:

– новым способом решения прикладной задачи, который осуществляется путем дополнения используемого научно-методического аппарата новым элементом, приводящим к получению новых результатов в решении прикладной задачи.

– новым результатом решения прикладной задачи, который осуществляется путем использования новых данных, приводящих к изменению ранее известных результатов решения прикладной задачи.

Применительно к ВКР следует говорить не о новом способе или новом результате, а о наличии элемента новизны в разработанном рациональном предложении, обеспечивающем повышение эффективности функционирования действующего процесса (системы) предприятия (организации).

Элементом новизны рационального предложения может стать:

– анализ известных предложений по профилю подготовки и обоснованный выбором оптимального с целью повышения эффективности функционирования действующего процесса (системы);

– использование обновленных данных, приводящих к изменению состояния разрабатываемого предложения относительно существующего с целью повышения эффективности функционирования действующего процесса (системы).

Важным дополнением, подтверждающим научную или практическую значимость научных результатов, может быть справка об их использовании в деятельности предприятия (организации).

5. ВКР отвечает полноте изложения. Полнота (качество и объем) изложения материалов в ВКР заключается в ясном и конкретном описании (в соответствии с заданием) процесса и результатов исследования, а также разработанных предложений по повышению эффективности функционирования важных процессов (систем) предприятия. При этом объем пояснительной записки ВКР вместе с приложением должен составлять от 50 до 60 страниц машинописного текста; объем графического материала в электронном варианте (в виде презентации) – от 5 до 8 слайдов с распечаткой раздаточного материала на листах формата А4 (или А3), а в случае представления графического материала

на листах форматом А1, как правило, не менее 5 листов.

6. ВКР соответствует грамотному изложению и правильному оформлению. По своему уровню изложения ВКР должна соответствовать требованиям, предъявляемым к научным публикациям в реферируемых научных изданиях. Оформление ВКР должно соответствовать требованиям, предъявляемым к оформлению научно-технических отчетов.

7. Основные практические результаты ВКР могут быть апробированы. Апробация автором ВКР основных практических результатов является желательным требованием, но не обязательным, и достигается путем издания статей, выступления на научных семинарах кафедры и научно-технических конференциях вуза.

Заключение

Направленность программы бакалавриата конкретизирует ориентацию программы бакалавриата на области знания и (или) виды деятельности в рамках направления подготовки [7]. Таким образом, структура и система требований к ВКР выпускников, успешно прошедших курс теоретического и практического обучения, определяется требованиями к результатам освоения программы подготовки и видами профессиональной деятельности прикладных бакалавров, а также тем обстоятельством, что в качестве объекта исследования выступает действующий процесс (система) предприятия, а предметом исследования – режим их функционирования; основным результатом исследования является разработка рационального предложения с целью повышения эффективности функционирования действующего процесса (системы) предприятия.

Прикладное образование – это такое образование, где есть учебное и стажерское включение в целостные технологические циклы и инновационные проекты [8]. ВКР по программе прикладного бакалавриата разрабатывается в интересах предприятия (организации) и представляет собой самостоятельное и логически завершённое научно-практическое исследование состояния действующего процесса (системы), ориентированное на получение научных результатов для разработки рационального предложения с целью повышения эффективности его функционирования и подготовленное для публичной защиты с целью присуждения автору квалификации «прикладной бакалавр».

Библиографический список

1. Гребнев, Л. Высшее образование в Болонском измерении: российские особенности и ограничения / Л. Гребнев // Высшее образование в России. - 2004. - № 1. - С. 36-42.
2. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» // Российская газета. - 2012. - 31 декабря.
3. Ожегов С. И. Словарь русского языка. - М.: ОНИКС, Мир и Образование, 2007. - 1376.
4. Последовательность разработки и порядок защиты магистерских диссертаций: учеб. пособие / А. И. Бокарев, А. Б. Корчагин, В. Н. Матвеев, И. С. Ткачева. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2012. - 84 с.
5. ГОСТ 2.103-68. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки. - М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988. - 53-56.
6. Крутов, В. И. Основы научного исследования. - М.: Высшая школа, 1989. - 399 с.
7. Приказ Минобрнауки России от 19.12.2013 г. № 1367 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры».
8. Васильев, В. Г. Концепция прикладного знания. К вопросу модернизации профессионального образования // В. Г. Васильев, Г. Н. Блинов, Н. Н. Носков // Материалы 17-й науч.-практ. конф. «Педагогика развития: движущие силы и практики развития». Красноярск: ККИПК. - 2011. - С. 165 – 172.

PROFESSIONAL ACTIVITY OF A BACHELOR AND MAIN REQUIREMENTS TO THE FINAL QUALIFICATION THESIS FOR A DEGREE "THE APPLIED BACHELOR"

A. P. Zhigadlo, A. I. Bokarev, T. P. Khokhlova

Abstract. The article dwells on the issues related to determining volumes, content requirements, implementation and public defense of a final qualification thesis of future applied bachelors. The authors emphasize the interaction of final qualification thesis' content with future professional activity of university graduates. Special attention is given to the meaning of theses' practical orientation of graduates that have mastered the applied bachelor degree's program.

Keywords: applied bachelor degree, final qualification thesis, bachelor degree, scientific and practical research, requirements to final qualification thesis.

References

1. Grebnev L. Vysshee obrazovanie v Bolonskom izmerenii: rossijskie osobennosti i ogranichenija [Higher education in the Bologna dimension: Russian peculiarities and limitations]. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2004, no 1. pp. 36-42.

2. Federal'nyj zakon ot 29.12.2012 № 273-FZ «Ob obrazovanii v Rossijskoj Federacii» [The Federal law no. 273-FZ On education in the Russian Federation]. *Rossijskaja gazeta*, 2012. 31 dekabnja.
3. Ozhegov S. I. Slovar' russkogo jazyka [Dictionary of the Russian language]. Moscow, ONIKS, Mir i Obrazovanie, 2007. 1376 p.
4. *Posledovatel'nost' razrabotki i porjadok zashhity magistrskih dissertacij: ucheb. posobie* [The sequence of working out and defense procedure of master's theses]. A. I. Bokarev, A. B. Korchagin, V. N. Matveev, I. S. Tkacheva. Omsk: Izd-vo OmGTU, 2012. 84 p.
5. ГОСТ 2.103-68. *Edinaja sistema konstruktorskoj dokumentacii. Stadii razrabotki* [State Standard 2.103-68. Unified system for design documentation. Stages of working out]. Moscow, Gosudarstvennyj komitet SSSR po standartam, 1988. pp.53-56.
6. Krutov V. I. *Osnovy nauchnogo issledovanij* [Foundations of scientific research]. Moscow, Vysshaja shkola, 1989. 399 p.
7. Prikaz Minobrnauki Rossii ot 19.12.2013 g. № 1367 «Ob utverzhdenii Porjadka organizacii i osushhestvlenija obrazovatel'noj dejatel'nosti po obrazovatel'nym programmam vysshego obrazovanija – programmam bakalavriata, programmam specialiteta, programmam magistratury» [Order of the Ministry of education and science of the Russian Federation from 19.12.2013 № 1367 "On approval of the procedure of organization and implementation of educational activity on educational programs of higher education»].
8. Vasiliev V. G., Blinov G. N., Noskov N. N. *Koncepcija prikladnogo znaniya. K voprosu modernizacii professional'nogo obrazovanija* [Concept of applied knowledge. On the modernization of professional education]. *Materialy 17-j nauch.-prakt. konf. «Pedagogika razvitija: dvizhushhie sily i praktiki razvitija»*. Krasnojarsk: KKIPK. 2011. pp. 165 – 172.

Жигадло Александр Петрович (Россия, г. Омск) – доктор педагогических наук, кандидат технических наук, декан факультета «Автомобильный транспорт», заведующий кафедрой «Инженерная педагогика» ФГБОУ ВПО СибАДИ. (646800, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail:zhigadlo_ap@sibadi.org).

Бокарев Александр Иванович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВПО ОмГТУ. (644050, г. Омск, пр. Мира, 11).

Хохлова Тамара Петровна (Россия, г. Омск) – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Инженерная педагогика» ФГБОУ ВПО СибАДИ. (646800, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail:tamara@oatk.org).

Zhigadlo Aleksandr Petrovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, dean of the faculty "Motor transport", head of the department of Engineering pedagogics, The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Russia, Omsk, Mira Avenue, 5. e-mail:zhigadlo_ap@sibadi.org)

Bokarev Aleksandr Ivanovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, associate professor, professor of the department "Health and Safety", Omsk State Technical University. (644050, Omsk, Mira Ave., 11)

Khokhlova Tamara Petrovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of pedagogical sciences, associate professor of the department "Engineering pedagogics", The Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Russia, Omsk, Mira Avenue, 5. e-mail:tamara@oatk.org)

УДК 378.146:37.014.15

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКА ВУЗА

Р. Б. Карасева

ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск.

Аннотация. Целью статьи является анализ изменений методики оценки уровня подготовки выпускников ВУЗА в соответствии с Федеральным законом ФЗ-273 «Об образовании в Российской Федерации». Проанализированы характерные особенности оценки компетенций согласно ГОС-2 и ФГОС. Обосновывается, что оценочные средства должны использоваться не только для оценки, но быть также средством обучения. На основании проведенного анализа сделан вывод о том, что традиционные формы контроля следует совершенствовать, а инновационные – адаптировать к традициям вузовского обучения.

Ключевые слова: оценочные средства, компетенции, тестирование, ФГОС.

Введение

Первые дидактические тесты начали применяться в нашей стране в начале 20-х годов. Так, основанная в 1919 году центральная лаборатория Московского отделения народного образования (МОНО) развернула большую работу по составлению и применению тестов успеваемости. В основу большинства тестов того времени был положен принцип формулирования тестовых заданий в виде прямого вопроса.

В условиях набиравшего силу в тридцатые годы субъективизма и авторитарного стиля руководства любой случай неправильной практики применения тестов легко идентифицировался с ошибочностью самого тестового метода. В результате в 1936 году было принято постановление ЦК ВКП(б) "О педагогических извращениях в системе Наркомпросов", которое осудило практику тестирования умственной одаренности учащихся. Период застоя в разработке тестов и их применении продолжался более 30 лет, после чего вновь стали появляться публикации, направленные как в пользу тестов, так и против них [1].

В настоящее время тестирование является неотъемлемой частью обучения любого уровня, в том числе и в ВУЗе, но говорить о том, что педагогика располагает отработанной методикой описания и оценки

знаний обучаемого с помощью программированного контроля преждевременно. Предполагается, что создание стандартных тестовых программ послужит реальной основой для проведения аттестации ВУЗов по качеству подготовки выпускников. Применение тестов связано также с реализацией диагностической функции контроля знаний студентов.

Методика оценки компетенций

Федеральный закон ФЗ-293 от 8 ноября 2010 г. «О внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ в связи с совершенствованием контрольно-надзорных функций и оптимизацией предоставления государственных услуг в сфере образования» определяет, что целью аттестации является соответствие содержания, уровня и качества подготовки выпускников ВУЗа требованиям федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС) [2]. Условием положительной аттестации ВУЗа являются положительные результаты итоговой аттестации не менее чем половины его выпускников в течение трех последовательных лет. То есть закон предполагает не разовый срез остаточных знаний, а контроль и мониторинг знаний как минимум в течение трех лет. Модель оценки выполнения требований ФГОС представлена в таблице 1.

ВУЗОВСКОЕ И ПОСЛЕВУЗОВСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Таблица 1 – Модель оценки выполнения требований ФГОС (2010 г.)

Объект оценки	Показатель выполнения требований ФГОС	Критерий выполнения требований ФГОС
Студент	Процент освоения дидактических единиц ФГОС	100 % освоения дидактических единиц ФГОС
ООП	Процент студентов, освоивших все дидактические единицы ФГОС	50 % студентов, освоивших все дидактические единицы ФГОС

При этом обязательным условием обследования является контроль:

- а) всех аттестуемых основных образовательных программ (ООП);
- б) по всем циклам дисциплин каждой ООП;
- в) не менее чем по трем дисциплинам циклов ГЭС и ЕН.

Статья 33.2 ФЗ-293 указывает, что целями государственной аккредитации образовательных учреждений являются подтверждение соответствия качества образования ФГОС и установление государственного статуса образовательного учреждения.

29 декабря 2012 г. был принят федеральный закон ФЗ-273 от «Об образовании в Российской Федерации», который определяет цель государственной аккредитации образовательной деятельности как подтверждение соответствия образовательной деятельности по реализации основных образовательных программ ФГОС [3].

Как ФЗ-293, так и ФЗ-273 требуют обеспечения функционирования системы внутреннего мониторинга качества образования образовательного учреждения. Государственный контроль качества образования осуществляется посредством плановых и внеплановых проверок соответствия содержания и качества образования требованиям ФГОС. Экспертиза соответствия содержания качества подготовки обучающихся и выпускников ФГОС проводится, в том числе, путем тестирования с использованием заданий стандартизированной формы аккредитационных педагогических измерительных материалов АПИМ. Экспертиза по образовательным программам ранее прошедшим государственную аккредитацию проводится выборочно, не менее чем по одной образовательной программе из каждой укрупненной группы направлений подготовки и специальностей реализуемым образовательным учреждением.

Выделим основные различия ГОС 2-го поколения и ФГОС (указаны в таблице 2).

Таблица 2 – Основные различия ГОС 2-го поколения и ФГОС

Позиции для сравнения	ГОС-2 (2005-2009 г.)	ФГОС (с 2009 г.)
Модель выпускника	Знаниевая	Компетентностная
Циклы	ГСЭ, ЕН, ОПД, реСД	Бакалавриат: ГСЭ, ЕН, ПРОФ Разделы: Физическая культура. Учебно-производственная практика. Итоговая аттестация Магистратура: ОН, ПРОФ Разделы: Практика и научно-исследовательская работа. Итоговая государственная аттестация
Составляющие цикла	Федеральный и национально-региональный компонент	Базовая и вариативная части
Трудоемкость	В академических часах	В зачетных единицах
Содержание	В виде дидактических единиц	В виде требований к результатам обучения (компетенциям)
Одобрение работодателей	Не требуется	Требуется

Термин «компетенции» как показатель результата обучения законодательно вводится с 2009 г. Компетенция – это интегральный показатель готовности личности, которая проявляется, развивается и реализуется в результате комплекса учебных, профессиональных и других задач. Основой компетенции является умение. Но важны не только умения, но и знания, способности, соответствующие этой компетенции, личностные качества и даже опыт творческой деятельности. Уже из определения компетенции следует, что ее наличие можно проверить только после окончания обучения в ВУЗе и начала производственной деятельности по полученной профессии. На этапе обучения можно проверить только результаты обучения, которые ведут к формированию компетенции. Требование измеримости в отношении компетенций как предмета контроля результатов обучения составляет на сегодняшний день наибольшую трудность как в теоретическом, так и в практических планах. При проектировании инновационных оценочных средств уровня сформированности компетенций обучающихся необходимо обеспечить моделирование «квазиреальной деятельности» [4].

Для аттестации бакалавров на соответствие их персональных достижений поэтапным требованиям соответствующей ОПОП (текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация) создаются фонды оценочных средств. Это типовые задания, контрольные работы, тесты и методы контроля, которые позволяют оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций. Оценочные средства, сопровождающие реализацию каждой ОПОП должны разрабатываться не только для проверки степени готовности сформированности компетенций, но и быть частью образовательных технологий, использоваться не только для оценки, но быть также средством обучения. Функции оценочных средств при переходе к ФГОС стали иными, поэтому и их вид должен измениться.

Оптимальный путь формирования системы оценки качества подготовки студентов при реализации ФГОС заключается в сочетании использования как традиционного подхода, так и инновационных видов контроля. Традиционные формы контроля следует совершенствовать, а инновационные – адаптировать к традициям вузовского обучения.

Стандартизированный тест разрабатывается максимально унифицированным так, чтобы можно было сопоставить подготовку студентов различных ВУЗов. Тест с 2009 г. призван оценить не только знания, умения, навыки (ЗУНы), но и компетенции. Поэтому такой тест предполагает наличие не только заданий с вариантами ответов, но должен включать в себя творческое задание. Стандартизированные тесты с творческим заданием могут служить как для итогового, так и для промежуточного контроля.

В ситуационных тестах студентам предлагается проблемная ситуация, связанная с их будущей профессиональной деятельностью. При оценке задачи учитывается не только правильность ответа, но и быстрота реакции, которая имеет важное значение в реальности. При поиске решения студент должен провести анализ ситуации. Часть информации может быть излишней, это также нужно учитывать. Часто при решении теста разрешается получить дополнительную информацию воспользовавшись справочником, задав дополнительные вопросы. После анализа принимается мотивированное решение. Наиболее сложный вариант ситуационного теста – деловая игра. Это метод моделирования профессиональной деятельности, при котором студенты на основании знаний находят верное решение и «проигрывают» их внедрение.

Кейс-метод обучения возник в Гарвардской школе бизнеса в начале 20-го века. Кейс-задание – это тест, который описывает ситуацию, имеющую место в реальности. Решение студентами такого рода нестандартных практико-ориентированных задач будет свидетельствовать о степени влияния процесса изучения дисциплины на формирование у студентов общекультурных и профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС.

Компетентный подход акцентирует внимание на результатах обучения, причем в качестве результата рассматривается не объем усвоенной информации, а способность действовать в нестандартной ситуации. Результаты обучения – это ожидаемые и измеримые конкретные достижения студентов, выраженные на языке компетенций и проявляющиеся в умении решать проблемные ситуации. Результаты обучения должны быть просто сформулированы, задавать уровень, на котором студент должен продемонстрировать свои достижения в учебе. Также необходим

перечень способов, каким студент может продемонстрировать свои результаты освоения компетенций. Получаемые с помощью оценочных средств показатели должны дать характеристику конкретных измеряемых достижений студента на данном этапе обучения в вузе. Это в свою очередь позволит рассматривать обучение с точки зрения студентов, а не преподавателей. Студентоцентрированный подход улучшает качество процесса обучения, предоставляемого студентам. При этом акцент тестирования с целью оценки как контроля смещается в сторону оценки как показателя развития. Итак, в соответствии с требованиями ФГОС с 2009 г. результатом обучения становятся полученные компетенции. Формирование компетенций должно происходить с помощью различных образовательных технологий. Акцент при этом делается на интерактивные и активные технологии. Оценочные средства должны служить для подтверждения сформированных заранее заявленных результатов обучения. Результаты обучения должны увязывать методику образовательного процесса с методикой их оценки. Процедуры формирования компетенций должны сопровождать весь процесс освоения всех программ обучения в ВУЗе. После поступления в ВУЗ первокурсники проходят тестирование по школьным предметам. Выявляется уровень знаний и готовность к обучению по программе ВУЗа. Первокурсники знакомятся с компетентностным подходом к обучению,

далее проходят тестирование по отдельным дисциплинам и по отдельным разделам изучаемых дисциплин. На 2-3 курсе после завершения изучения отдельных дисциплин тестирование может оценить уже полидисциплинарные измерители по циклу дисциплин ФГОС. Некоторые компетенции к этому времени уже сформированы, можно проследить реализацию компетентностного подхода. На выпускных курсах все заявленные компетенции уже должны быть сформированы, тестирование служит междисциплинарным измерителем для оценки компетенций ФГОС.

Государственные проекты по оценке качества образования это: федеральный Интернет-экзамен в виде традиционного и компетентностного подходов (www.fepo.ru, www.i-fgos.ru); диагностическое Интернет-тестирование для студентов 1 курса (www.i-diag.ru); Интернет-тренажеры в сфере образования (www.i-exam.ru); открытые международные Интернет-олимпиады (www.i-olimp.ru); Интернет-экзамен для выпускников бакалавриата/специалитета (www.i-bakalavr.ru).

При переходе от стандартов ГОС-2 к ФГОС изменились цели оценивания. Если до 2009 г. оценивание было призвано определять результативность учебного процесса по соответствию требованиям к содержанию и базовому уровню подготовки. В соответствии с ФГОС оценивается уровень обученности студента, степень сформированности компетенций. Изменение в системе оценки отражено в таблице 3 [5].

Таблица 3 – Изменения в системе оценки

Изменения	ГОС-2	ФГОС
Требования	к содержанию подготовки	к результату обучения
Подход к структуре задания и материала	«аналитический» (по ДЕ, темам, элементам учебного материала)	«синтетический» (объединение элементов тем, ДЕ)
Структура материала	«жесткая»	«мягкая»
Этапы проведения оценивания	При завершении освоения дисциплины	На любом этапе обучения в ВУЗе
Подход к оцениванию	«дисциплинарный»	«междисциплинарный»
Критерий оценивания	однокритериальный (базовый уровень)	многокритериальный (оценивание компетенций)
Цель	оценка базового уровня подготовки в соответствии с требованиями ГОС-2	оценка учебных достижений студента на различных этапах обучения
Объект оценивания	студенческая группа	студент
Шкала оценивания	бинарная (правильно-неправильно)	многокритериальная (учет частично правильных ответов)

Для достижения заявленных целей тесты как модели измерения формируются из нескольких блоков. Первый блок заданий проверяет в основном степень владения студентом материалом дисциплины на уровне «знать». Задания данного блока

требуют применения очевидного способа решения, освоенного студентом при изучении дисциплины. Задания первого блока проверяют как правило знаниевый компонент дисциплины.

Задания второго блока оценивают степень владения материалом дисциплины на уровне «знать и уметь». В этих заданиях нет явного указания на способ выполнения, поэтому студент самостоятельно выбирает один из изученных способов. При этом проверяются не только знания по дисциплине, но и умения пользоваться ими при решении стандартных задач.

Третий блок представлен case-заданиями, содержание которых предполагает применение комплекса умений, для того, чтобы студент мог самостоятельно сконструировать способ решения, комбинируя известные ему способы и применяя знания из разных дисциплин. Главное предназначение case-заданий – вырабатывать способность понимать проблему и находить способ ее решения [6].

После выполнения заданий теста студент получает одну из оценок четырех возможных уровней. Уровень 1 означает, что студент может ответить на вопросы в знакомой ситуации, когда эти вопросы четко сформулированы и предоставлена вся необходимая информация. При этом студент может выполнить все стандартные процедуры в четко определенной ситуации, выполнить действия, которые явно следуют из предложенной ситуации [7]. Рекомендации на этом этапе состоят в том, что изучение дисциплины необходимо продолжить, активно использовать интернет-тренажер в режиме самообучения.

При уровне 2 студент может выполнять четко описанные математические процедуры, состоящие из нескольких шагов, требующие принятия решения на каждом шаге, и при этом находить простые методы решения стандартно сформулированных заданий. Студент может также интерпретировать и использовать информацию, представленную в разных источниках, уметь описывать ее, рассуждать на основании полученных и найденных данных. При достижении уровня 2 студенту рекомендуется продолжить изучение дисциплины, в том числе и с использованием интернет-тренажера в режиме самообучения. Студентам 2-го уровня рекомендуется участие в вузовских олимпиадах.

Уровень 3 означает, что студент может понимать проблемную ситуацию, распознавать ограничения и устанавливать соответствующие допущения, строить математическую модель проблемной ситуации. Студент может сравнивать и оценивать методы решения математической модели, которая отвечает

проблемной ситуации. Предполагается, что студент умеет работать целенаправленно, используя при рассмотрении хорошо развитое умение размышлять и рассуждать, связанные между собой формы представления информации, характеристику содержания с помощью символов математического языка и интуицию. Студент может также размышлять над выполненными действиями, формулировать и излагать свою интерпретацию и рассуждения. Студенту, достигнувшему уровня 3 рекомендуется принять участие в интернет-олимпиаде.

Уровень 4 подтверждает, что студент может обобщать и использовать информацию, полученную на основе исследования моделей сложных проблемных ситуаций, умеет связывать и информацию из разных источников, представленную в различной форме и оперировать с ней. Наряду с владением математическими символами, операциями и правилами, студент может применить интуицию для разработки новых подходов и стратегий для решения проблем в новых для них условиях. Это подтверждает продвинутый уровень математического мышления студента. Все действия студента логически аргументированы, размышления относительно своих находок ясно формулируются, интерпретация и выводы позволяют дать варианты решения проблемной ситуации. Уровень 4 говорит о высоких математических способностях обучаемого. Такому студенту рекомендуется активно участвовать в НИРС, олимпиадах, готовить себя к научным исследованиям [8].

Заключение

Создание тестовых программ послужит реальной основой для проведения аттестации ВУЗов по качеству подготовки выпускников. Применение тестов связано также с реализацией диагностической и обучающей функции контроля знаний студентов.

Библиографический список

1. Карасева, Р. Б. Проблемы формирования математической компетентности выпускника технического вуза / Р. Б. Карасева // Материалы межвузовской учебно-методической конференции 13 февраля 2013 г. «Компетентностный подход в обучении; формирование и оценивание компетенций», Омск, ОмА МВД России, 2013. – С. 83-84.
2. Федеральный закон от 08.11.2010 № 293-ФЗ (ред от 29.12.2012) «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с совершенствованием контрольно-надзорных функций и оптимизацией предоставления государственных услуг в сфере

образования»// Российская газета, 31.12.2012, Федеральный выпуск № 5976, ст. 33.2.

3. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»// Российская газета, 31.12.2012, Федеральный выпуск № 5976, ст. 11.

4. Ефремова, Н. Ф. Компетенций в образовании. Формирование и оценивание / Н. Ф. Ефремова // Национальное образование. 2012. – С. 316.

5. Неустроев, С. С. О создании внутривузовской системы мониторинга качества образования в Северо-Восточном федеральном университете имени М. К. Аммосова / С. С. Неустроев, В. П. Игнатъев, В. П. Киселева, Е. П. Чернова // Известия Южного федерального университета. – Южный ФУ. – Ростов-на-Дону, 2011. – № 6. – С. 195-201.

6. Жигadlo, А. П. Сетевое взаимодействие вуза и профильных колледжей в реализации программ прикладного бакалавриата / А. П. Жигadlo, Т. П. Хохлова // Вестник СибАДИ. – 2014. – № 1(35). – С. 190-195.

7. Карасева, Р. Б. Возможность использования математики для описания реального мира / Р. Б. Карасева // Материалы научной конференции «XXIII Ершовские чтения», 5-6 марта 2013г., Ч.II, Ишим. ФГБОУ ВПО ИГПУ им. Ершова, 2013. – С. 200-202.

8. Карасева, Р. Б. Математическое образование в России / Р. Б. Карасева // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом ВУЗе: материалы третьей межвузовской научно-методической конференции 27-28 сентября 2013г., Омск, 2013. – С. 57-62.

METHODOLOGY OF ASSESSING COMPETENCIES OF UNIVERSITY GRADUATES

R. B. Karaseva

Abstract. The purpose of the article is the analysis of changes in the methodology for assessing the level of university graduates' competence in accordance with the Federal law FL-273 "On education in the Russian Federation". There are analyzed the typical features of assessing competencies according to the SES-2 and FSES. It is justified that evaluative means should be used not only for assessment but also as a tutorial. On the basis of the conducted analysis it is concluded that the traditional forms of control should be improved and innovation forms must be adapted to the traditions of university education.

Keywords: assessment means, competencies, testing, FSES.

References

1. Karaseva R. B. Problemy formirovaniya matematicheskoy kompetentnosti vypusknika tehnikeskogo vuza [Problems of forming mathematical competence of a technical university's graduate]. *Materialy mezhvuzovskoy uchebno-metodicheskoy konferencii 13 fevralja 2013 g. «Kompetentnostnyj podhod v obuchenii; formirovanie i*

ocenivanie kompetencij», Omsk, OMA MVD Rossii, 2013. pp. 83-84.

2. Federal'nyj zakon ot 08.11.2010 № 293-FZ (red ot 29.12.2012) «O vnesenii izmenenij v otдел'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj federacii v svjazi s sovershenstvovaniem kontrol'no-nadzornyh funkcij i optimizacii predostavlenija gosudarstvennyh uslug v sfere obrazovanija» [Federal law from 08.11.2010 No. 293-FZ (EDS from 29.12.2012) "On amendments to certain legislative acts of the Russian Federation owing to improvement of control and supervisory functions and optimization of rendering state services in the sphere of education] *Rossijskaja gazeta*, 31.12.2012, Federal'nyj vypusk no 5976, st. 33.2.

3. Federal'nyj zakon ot 29.12.2012 № 273-FZ «Ob obrazovanii v Rossijskoj Federacii»// *Rossijskaja gazeta*, 31.12.2012, Federal'nyj vypusk № 5976, st. 11. [Federal law from 29.12.2012 № 273-FZ "On education in the Russian Federation].

4. Efremova N. F. Kompetencij v obrazovanii. Formirovanie i ocenivanie [Competences in education. Development and evaluation]. *Nacional'noe obrazovanie*, 2012. p 316.

5. Neustroev S. S. Ignatiev V. P., Kiseleva V. P., Chernova E. P. O sozdanii vntrivuzovskoj sistemy monitoringa kachestva obrazovanija v Severo-Vostochnom federal'nom universitete imeni M. K. Ammosova [Creation of an university system of monitoring the quality of education in the North-Eastern Federal University named after M. K. Ammosov]. *Izvestija Juzhnogo federal'nogo universiteta*, 2011, no 6. pp. 195-201.

6. Zhigadlo, A. P. Setevoe vzaimodejstvie vuza i profil'nyh kolledzhej v realizacii programm prikladnogo bakalavriata [Networking of the university and profile colleges in realization of the applied bachelor programs]. *Vestnik SibADI*, 2014, no 1(35). pp.190-195.

7. Karaseva R. B. Vozmozhnost' ispol'zovanija matematiki dlja opisaniya real'nogo mira [The possibility of using mathematics for describing real world]. *Materialy nauchnoj konferencii «XXIII Ershovskie chtenija»*, 5-6 marta 2013, Ch.II, Ishim. FГБОУ VPO ИГПУ им. Ершова, 2013. pp. 200-202.

8. Karaseva R. B. Matematicheskoe obrazovanie v Rossii [Mathematical education in Russia]. *Aktualnye problemy prepodavaniya matematiki v tehnikeskom VUZe: materialy tretej mezhvuzovskoy nauchno-metodicheskoy konferencii 27-28 sentjabrja 2013*, Omsk, 2013. pp. 57-62.

Карасева Римма Борисовна (Россия, г. Омск) – кандидат физико-математических наук, заведующая кафедрой «Высшая математика» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (646800, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: karaseva_rb@mail.ru)

Karaseva Rimma Borisovna (Russian Federation, Omsk) – candidate of physical and mathematical sciences, head of the department "Higher mathematics" of the Siberian state automobile and highway academy (SibADI) (644080, Russia, Omsk, Mira Avenue, 5, e-mail: karaseva_rb@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; Вузовское и послевузовское образование.**

Рукопись должна быть оригинальной, не опубликованной ранее в других печатных изданиях, написана в контексте современной литературы, обладать новизной. Опубликованные материалы, а также рукописи, находящиеся на рассмотрении в других изданиях, к рассмотрению не принимаются. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи, сотрудниками редакции, членами редколлегии, а также рецензентами данной работы.

Редколлегия рекомендует авторам:

- в рукописи должна содержаться постановка **научной задачи (проблемы)**, быть определено место полученных результатов среди научных публикаций по данной проблематике, описание применяемого научного аппарата, библиографические ссылки и выводы исследования;

- излагать материал так, чтобы в нем было разделение на пункты: введение, постановка задачи, метод и построение решения, результаты (анализ), примеры, заключение (выводы). Например, возможна следующая структура статьи:

Аннотация

Ключевые слова

Рекомендуемая структура содержания рукописи:

1. Введение

2. Основная часть (Подзаголовки)

3. Заключение или Выводы

Библиографический список

Аннотация на английском языке (**Abstract**)

Ключевые слова на английском языке (**Keywords**)

Библиографический список на латинице (**References**)

Информация об авторах (на русском / английском языке) Места работы всех авторов, их должности и контактная информация (если есть электронные адреса, обязательно указать их).

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;

- материалы для размещения в базе данных **РИНЦ;**

- **рецензию специалиста с ученой степенью** по тематике рецензируемого материала. Рецензия должна быть заверенная в отделе кадров той организации, в которой работает рецензент;

- **экспертное заключение** о возможности опубликования в открытой печати;

- **лицензионной договор** между ФГБОУ ВПО «СибАДИ» и авторами;

- **справку о статусе / месте учебы** (если автор является аспирантом).

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.

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. Через строку помещается текст аннотации на русском языке, ещё через строку – ключевые слова.

Аннотация (не менее 500 символов). 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.

Ключевые слова: помещаются после слов **ключевые слова** (размер шрифта 10 пт), (двоеточие) и должны содержать не более 5 семантических единиц.

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.

Библиографический список. В тексте должны содержаться ссылки на источники информации. Печатается по центру заглавие «Библиографический список» (размер шрифта 9 пт) и через строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту в соответствии с действующим ГОСТом к библиографическому описанию. В одном пункте перечня следует указывать только один источник информации.

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 подрисуночной 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 – подрисуночные 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.

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.

Небольшие исправления стилистического и формального характера вносятся в статью 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>