

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

ВЕСТНИК СибАДИ

Выпуск 1 (53)

Омск - 2017

Главный редактор **Жигадло А.П.**, д-р пед. наук, канд. техн. наук, доц., ректор ФГБОУ ВО «СибАДИ»
Зам. главного редактора **Корчагин П.А.**, д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе ФГБОУ ВО «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., БУ ВО «СурГУ ХМАО-ЮГРП», г. Сургут.

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.

Карпов В.В., д-р экон. наук, проф., председатель ОНЦ СО РАН, г. Омск.

Лим Донг Ох, доктор инженерных наук, профессор, президент университета Джунбу, г. Сеул, Южная Корея.

Лис Виктор, канд. техн. наук, инженер-конструктор специальных кранов фирмы Либхерр-верк Биберах ГмБХ, Mittelbiberach, Германия.

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

Мочалин С.М., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «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, Республика 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.

Щербаков В.С., д-р техн. наук, проф., ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Эдвин Козневски, д-р техн. наук, проф., Польша, г. Белосток.

Editor-in-Chief Zhigadlo A.P., doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor, rector of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)

Deputy editor-in-chief Korchagin P.A., doctor of technical 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.

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, President and professor a. D., Prof. e. h. mult. Dr-Ing, Bundesanstalt für, Germany.

Karpov V.V., doctor of Economics, professor, the chairman of the Omsk scientific center of The Russian Academy of Sciences’ Siberian branch, 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), Liebherr-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 Kozniewski, doctor of technical sciences, associate professor, Bialystok University of Technology, Bialystok, Poland.

Адрес издателя: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. Тел. (3812) 65-23-45.

e-mail: Vestnik_Sibadi@sibadi.org

Учредитель ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Адрес учредителя: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77- 67314 от 30 сентября 2016 г. выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ» входит в перечень ведущих периодических изданий рекомендованных ВАК решением президиума ВАК от 25.02.2011 г.; с 01.12.2015 г. включен в новый список в соответствии с требованиями приказа Минобрнауки России от 25 июля 2014 г. № 793. С 2009 года представлен в Научной Электронной Библиотеке eLIBRARY.RU и включен в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Входит в международный каталог Ulrich's International Periodicals Directory. Подписной индекс 66000 в каталоге агентства "РОСПЕЧАТЬ". Редакционная коллегия осуществляет экспертную оценку, рецензирование и проверку статей на плагиат.

Подписано в печать 22.02.2017 г. Дата выхода в свет 28.02.2017. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Arial

Печать оперативная. Бумага офсетная. Усл. печ. л.25,0. Тираж 500 экз. Заказ 73

Отпечатано в отделе оперативной полиграфии ИПЦ ФГБОУ ВО «СибАДИ» 644080, г. Омск, пр. Мира, 5

Статьи воспроизведены в аутентичной редакции.

© ФГБОУ ВО «СибАДИ», 2017

РАЗДЕЛ I. ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ*П.Д. Балакин, Л.В. Красотина, А.В. Кривцов***РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТСОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ
ЕДИНИЧНОГО РАЗНОРАЗМЕРНОГО РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВИБРОИЗОЛЯТОРА 7***М.С. Корытов, В.С. Щербakov, Е.О. Шершнева***ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕГУЛЯТОРОВ ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ
ГРУЗА МОСТОВОГО КРАНА 12***В. Н. Кузнецова, Я. В. Ярмович***ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА ЭЛЕМЕНТОВ ДРОБИЛЬНО-РАЗМОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.... 19***Ю.В. Ремизович, О.В. Абдулаева***УПРАВЛЯЕМАЯ ЗУБЧАТАЯ СТУПЕНЬ КРАНОВОГО РЕДУКТОРА 24***С. В. Савельев, И. К. Потеряев, Г. Г. Бурый, А. С. Белодед***МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННЫХ КАТКОВ
ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ 27***И.А. Семенова***КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ И ОСНОВЫ ТЕПЛООВОГО РАСЧЕТА ГИДРОУДАРНОГО
УСТРОЙСТВА..... 33***Д.С. Семкин***О ВЛИЯНИИ СКОРОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН
НА СИЛУ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА РЕЗАНИЮ 37***Б.Н. Стихановский, Л.М. Стихановская***ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МАКСИМАЛЬНЫХ СИЛ
И УСКОРЕНИЙ ПРИ УДАРЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ 43***В.В. Танский***ВЛИЯНИЕ КООРДИНАТ ТОЧКИ КРЕПЛЕНИЯ УРАВНОВЕШИВАЮЩЕГО КАНАТА
НА КОЛЕБАНИЯ ГРУЗА КРАНА-ТРУБОУКЛАДЧИКА 48****РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ***М.В. Банкет***ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ
С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВПРЫСКОМ БЕНЗИНА..... 54***В.Г. Даньшин, О. Г. Гателюк, С.В. Швецов***ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ МАСЕЛ НА НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ
КОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА 62***С.В. Корнеев, В.Д. Бакулина, Р.В. Буравкин, В.И. Гурдин***ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ 67***Г.Г. Мусаелянц, Е.А. Павленко, Д.К. Сысоев***ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ
НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДВС СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ 72***Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов, Е.С. Семенова***МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ 77***О.А. Серяков, С.С. Зиновьев, М.Ю. Манзин***ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ АМФИБИЙНЫХ МАШИН НА ПЛАВУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ОЦЕНОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ 83***Л.С. Трофимова, А.Б. Касимова***ОБЗОР ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ ГРУЗОВЫХ
АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ 89**

СОДЕРЖАНИЕ

РАЗДЕЛ III СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

Ю.В. Краснощеков, В.И. Саунин

**ВЛИЯНИЕ ТРЕНИЯ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРНЫХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ..... 97**

А.А. Лунёв, В.В. Сиротюк, Е.В. Иванов

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ 103**

В.И. Сологеев

**ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕОРИИ ФИЛЬТРАЦИИ
В ТОНКИХ СЛОЯХ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ 110**

В.А. Уткин, П.Н. Кобзев

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОЩАТО-ГВОЗДЕВЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ..... 115

РАЗДЕЛ IV. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Н.С. Веремчук

**ПОИСК ЛОКАЛЬНОГО МИНИМУМА В ЗАДАЧЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ
НА ЛИНИЯХ 122**

Л. И. Остринская, С.Ю. Пестова

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО
УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ В ВУЗЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБЛАЧНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ 128**

РАЗДЕЛ V. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Э.Р. Айтбагина, Е.Е. Витвицкий, Н.И. Юрьева

**ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ СЕБЕСТОИМОСТЬ
В СОВОКУПНОСТИ МИКРО АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ПРИ «ИНСОРСИНГЕ» 135**

Ю.В. Баранов, С.Г. Полянская

**КОЛЛЕКТИВНО-ДОГОВОРНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВЫХ ОТНОШЕНИЙ
В СФЕРЕ ОПЛАТЫ ТРУДА НА УРОВНЕ СУБЪЕКТОВ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА.... 143**

Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, М.В. Папазьян

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА..... 150

Е.Б. Лерман, С.А. Теслова

**ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА
В СФЕРЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА Г. ОМСКА 158**

В.В. Преснякова, С.Н. Марков

**ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ПЕНСИОННЫХ ПРОГРАММ
В НЕГОСУДАРСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ 166**

Р.С. Симаков, Р.С. Саттаров

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ
В ПРОЦЕССЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА..... 175**

А.И. Чумаков, Т.А. Левтеева

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ 181

А.В. Шимохин

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ ПРЕДПРИЯТИЙ
МАШИНОСТРОЕНИЯ..... 190**

PART I. TRANSPORT, MINING AND MECHANICAL ENGINEERING

P.D. Balakin, L.V. Krasotina, A.V. Krivtsov
CALCULATION OF TEMPERATURE REGIME AND DETERMINATION OF SINGLE NATURAL FREQUENCY OF DIFFERENT SIZE RUBBER-METAL VIBRATION ISOLATORS 7

M.S. Korytov, V.S. Scherbakov, E.O. Shershneva
JUSTIFICATION OF VALUES FACTOR CONTROLLER VIBRATION DAMPING SHIPPING BRIDGE CRANES..... 12

V.N. Kuznetsova, Y.V. Yarmovich
ANALYSIS OF THE ACTUAL STATE LUBRICANT TO RESOURCE ELEMENTS CRUSHING AND GRINDING MACHINERY 19

Y.V. Remizovich, O.V. Abdulaeva
THE OPERATED GEAR STEP OF THE CRANE REDUCER..... 24

S.V. Saveliev, I.K. Poteryaev, G.G. Buriy, A.S. Beloded
METHOD OF JUSTIFICATION OF OPERATIONAL PARAMETERS OF VIBRATING ROLLERS FOR COMPACTION 27

I.A. Semenova
EFFICIENCY AND BASES OF CALCULATION OF HEAT HYDROPERCUSSION DEVICES 33

D.S. Semkin
ABOUT INFLUENCE OF SPEED WORKING BODIES OF DIGGING MACHINES ON THE RESISTANCE FORCE OF SOIL CUTTING 37

B.N. Stickhanovskiy, L.M. Stickhanovskaya
FEATURES OF IMPLEMENTATION OF THE MAXIMUM FORCES AND ACCELERATIONS IMPACT OF SOLIDS 43

V.V. Tanskiy
EFFECT REFERENCE POINT MOUNT COUNTERBALANCING ROPES WAVERING CARGO PIPE-LAYING CRANE 48

PART II. TRANSPORT

M.V. Banket
FEATURES OF APPLICATION OF GAS FUEL IN VEHICLES WITH DIRECT FUEL INJECTION..... 54

V. G. Danshin, O.V. Gateluk, S.V. Shvetsov
THE IMPACT OF CHANGES TO THE PROPERTIES OF THE OILS ON THE RELIABILITY OF RAILWAY ROLLING STOCK 62

S.V. Korneev, V.D. Bakulina, R.V. Buravkin, V.I. Gurdin
THE PROBLEM OF CONTAMINATION OF ENGINE PARTS..... 67

G.G. Musayelyants, E.A. Pavlenko, D.K. Sysoyev
DIAGNOSTIC COMPLEX FOR IDENTIFYING FAULTS OF MODERN CARS ENGINES 72

E.A. Safronov, K.E. Safronov, E.S. Semenova
THE MODEL OF MANAGEMENT OF TRANSPORT FLOWS IN MODERN CONDITIONS 77

O.A. Seryakov, S.S. Zinoviev, M.U. Manzin
OTSENA AMPHIBIAN OF CONTROL MACHINES USING AFLOAT ON PERFORMANCE INDICATORS83

L.S. Trofimova, V.V. Anokhin
REVIEW OF PLANNING THEORY OF NUMBER OF EMPLOYEES OF FREIGHT MOTOR COMPANY89

CONTENTS

PART III. CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

Y.V. Krasnoshchekov, V.I. Saunin

INFLUENCE OF FRICTION ON THE INTERACTION BASIC SHAPES MADE FROM CONCRETE..... 97

A.A. Lunev, V.V. Sirityuk, E.V. Ivanov

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE DEFORMATION PROPERTIES OF ASH AND SLAG MIXTURES ... 103

V.I. Sologaeв

APPLICATION OF THE THEORY OF FILTRATION IN THIN LAYERS OF ROAD CONSTRUCTIONS..... 110

V.A. Utkin, P.N. Kobzev

IMPROVEMENT OF BOARDWALK NAILED – SPAN BRIDGE STRUCTURES 115

PART IV. COMPUTER SCIENCE, COMPUTER ENGINEERING AND MANAGEMENT

N.S. Veremchuk

SEARCH OF LOCAL MINIMUM IN LOCATION PROBLEM OF RECTANGLES ON LINES 122

L.I. Ostrinskaya, S.Yu. Pestova

CONCEPTUAL APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM OF OPERATIONAL MANAGEMENT OF EDUCATIONAL PROCESS IN HIGHER SCHOOL WITH THE USE OF CLOUD TECHNOLOGIES 128

PART V. ECONOMICS

E.R. Aytbagina, E.E. Vitvitskiy, N.I. Yurieva

THE INFLUENCE OF THE DISTANCE OF CARGO TRANSPORTATION ON PRODUCTION COST IN SET OF MICRO AUTO TRANSPORT SYSTEMS IN «INSOURCING» 135

Y.V. Baranov, S.G. Polyanskaya

THE COLLECTIVE BARGAINING REGULATION IN THE SPHERE OF WAGES AT THE LEVEL OF THE SIBERIAN FEDERAL DISTRICT 143

T.V. Konovalova, S.L. Nadiryаn, M. V. Papazian

THE MODERN STATE OF STAFFING OF THE ROAD TRANSPORT 150

E.B. Lerman, S.A. Teslova

THE POTENTIAL OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP'S EMPLOYMENT IN URBAN PASSENGER TRANSPORT SPHERE IN OMSK 158

S.N. Markov, V.V. Presnyakova

EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION OF CORPORATE PENSION PLANS IN NON-STATE INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION 166

R.S. Simak, R.S. Sattarov

METHODOLOGICAL ASPECTS OF EVALUATION OF EFFICIENCY CONSUMPTION OF FUEL AND ENERGY RESOURCES IN THE PROCESS OF THE FUNCTIONING OF RAILWAY TRANSPORT 175

A.I. Chumakov, T.A. Levteeva

FEATURES OF COMPETENCY MANAGERIAL PERSONNEL 181

A.V. Shimohin

IMPROVEMENT OF THE ORGANIZATION OF THE REPAIR SERVICE OF MACHINE BUILDING ENTERPRISE 190

РАЗДЕЛ I

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 621.01

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЕДИНИЧНОГО РАЗНОРАЗМЕРНОГО РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВИБРОИЗОЛЯТОРА

П.Д. Балакин¹, Л.В. Красотина², А.В. Кривцов³

¹ФГБОУ ВПО ОмГТУ, Россия, г. Омск;

²ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск;

³Научно-производственное предприятие «ПРОГРЕСС», Россия, г. Омск

Аннотация. Продление ресурса резинометаллических виброизоляторов с простейшей призматической формой резинового массива, используемых для установки на них крупных агрегатов машин является актуальной задачей. В настоящей работе представлен вариант анализа статической работы резинометаллического виброизолятора посредством математического моделирования на основе контактной краевой задачи конструкционного типа. В данной работе выявлено влияние положения центра масс на частоту собственных колебаний единичного разноразмерного виброизолятора. Приведен пример аппроксимирующих зависимостей для определения низких частот резинометаллических виброизоляторов призматической формы.

Ключевые слова: резинометаллический виброизолятор; саморазогрев, работа, теплоотдача, частота возбуждения, метод конечных элементов; конечно-элементные модели; срединные поверхности; статические нагрузки; граничные условия; частоты и формы колебаний.

ВВЕДЕНИЕ

Высокие требования, предъявляемые к виброизоляции на транспорте, обусловлены целым рядом причин, как экологических, так и технических. Уровень вибрации машин и механизмов зачастую превышает нормативы качества окружающей среды, ведет к развитию профессиональных заболеваний, вызывает выход из строя чувствительного к вибрации электронного оборудования, которым все чаще оснащаются транспортные средства. Назрела необходимость в системном, масштабном решении проблемы [8].

Существует множество способов уменьшения вибрации – это динамическое уравновешивание двигателей, применение динамических гасителей колебаний, активные виброзащитные системы с дополнительным источником вибрации и т.д. Наибольшее распространение получила виброизоляция, выполняемая в виде резинометаллических амортизаторов. Такие виброизоляторы достаточно просты, на-

дежны, имеют невысокую стоимость [7].

При больших сроках службы резинометаллических виброизоляторов под действием агрессивных сред и особенно высоких температур резина стареет и константы материала E , G , жесткость и другие со временем изменяются. За срок эксплуатации в пределах трех лет даже в нормальных условиях их значения увеличиваются до 30% от номинала.

Особенную роль в изменении констант, зарождению дефектов (трещин, расслоений) играет динамическое знакопеременное нагружение и порождаемое им явление саморазогрева. Установлено, что знакопеременная составляющая Δq деформации, соответствующая динамической нагрузке, должна быть [1] не более 0,1 от статической Δ соответствующей $P_{ст}$ (рис. 1). При невыполнении этого условия, как правило, происходит саморазогрев резинового массива и, если теплоотвод не позволяет удерживать температуру массива в пределах 90°C , его долговечность уменьшается кратно [5].

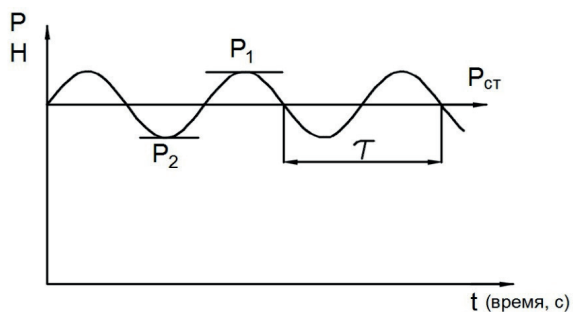


Рис. 1. Характеристики динамического нагружения

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Поставим и решим задачу определения температуры саморазогрева резинового массива прямоугольного резинометаллических виброизолятора с линейными размерами: длина $a=0,2\text{м}$; ширина $b=0,1\text{м}$; высота $h=0,006\text{м}$, статическая деформация которого $\Delta_{ст}$ рассчитана с учетом краевого эффекта [4] и составляет $\Delta_{ст}=0,005\text{м}$ при статической нагрузке $P_{ст}=25000\text{Н}$. Динамическая составляющая $\Delta\delta$ деформации принята $0,1\Delta_{ст}$ и равна $0,0005\text{м}$. Определение температуры проведем при вариациях частоты «р» внешнего силового возбуждения в диапазоне $\rho=(10\div 200)\text{Гц}$.

Кроме сформулированной задачи, по известной предельной температуре конкретной марки резины, используемой для изготовления виброизолятора, определим предельную частоту динамического силового возбуждения при которой температура саморазогрева не превысит допустимого значения.

Обозначив P_1 и P_2 — максимальное и минимальное динамическое нагружение и соответствующую им полную деформацию Δ_1 и Δ_2 при Δ — статической деформации, выразим коэффициент динамической жесткости

$$C_q = \frac{P_1 - P_2}{\Delta q}, \quad (1)$$

при этом

$$\Delta_1 = \Delta + \frac{\Delta q}{2} \quad \text{и} \quad \Delta_2 = \Delta - \frac{\Delta q}{2}.$$

В первом приближении для резинометаллических виброизоляторов из-за плохой теплопроводности резины можно считать, что вся накопленная энергия деформации переходит в тепловую, независимо от скорости деформации.

Работа деформации за один цикл динамического нагружения при постоянной жесткости C определится как:

$$A = \frac{C(\Delta q)^2}{2}. \quad (2)$$

Используя механический эквивалент теплоты «Д» равный $4250\text{Дж}=1\text{ккал}$, получим количество выделяемой теплоты Q:

$$Q = \frac{C(\Delta q)^2}{2D}. \quad (3)$$

Теплота, отводимая поверхностью, будет такой

$$Q_{отв} = K_T \Delta t S, \quad (4)$$

где K_T — средний коэффициент теплоотдачи при необдуваемом объекте :

$K_T=(7,5\div 15)\text{ккал}/\text{м}^2\text{час}\cdot\text{град}$ [3], меньшее значение следует отнести на контакт «резина–воздух», большее значение на контакт «резина–металл».

Если определить теплоту $Q_{выд}$ и приравнять ее значение за 1 час выделения к $Q_{отв}$, то можно по (4) определить часовую температуру разогрева массива

$$\Delta t = \frac{Q_{выд} \text{ в час}}{K_{T1} S_1 + K_{T2} S_2}. \quad (5)$$

АНАЛИЗ СТАТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО ВИБРОИЗОЛЯТОРА

Известно, что виброактивность современных агрегатов с высокой удельной мощностью значительна и характеризуется широким спектром частот. Вынужденные колебания имеют различную природу и, в первом приближении, их можно рассматривать как квазигармонические.

Высокие частоты гасятся применением конструкционного демпфирования, а для подавления низких частот используются виброизоляторы, размещенные между рамой и опорной поверхностью агрегата. В практике широко распространены резинометаллические виброизоляторы, главным образом, из-за простоты конструкции.

Для эффективной виброизоляции необходимо использовать виброизоляторы с высокой несущей способностью и малой жесткостью,

основной расчетной характеристикой которых является частота собственных колебаний виброизолятора с присоединенной массой объекта виброзащиты.

Мягкая система позволяет подавить весь спектр частот, но имеет ряд недостатков, например, нарушение центровки агрегатов, большие относительные смещения агрегатов при ударном нагружении.

Для исследования напряженно-деформированного состояния резинового массива прямоугольного резинометаллического виброизолятора был использован метод конечных элементов (МКЭ).

Для расчетов созданных конечно-элементных моделей (КЭМ) единичного разноразмерного призматического виброизолятора применялся ряд универсальных блоков программного комплекса «NX NASTRAN». В частности, для линейного статического расчета – блок static, для определения собственных частот и форм колебаний – NormalModes / Eigenvalue [2].

Выполнен анализ статической работы резинометаллического виброизолятора и выявлено напряженно-деформированное состояние его конструктивных элементов при центральном и распределенном приложении нагрузки на верхнюю пластину. При моделировании были учтены краевые эффекты, определяемые способом крепления металлических пластин к массиву резины [6].

В результате расчетов определены собственные частоты и формы колебаний с учетом диссипации энергии (комплексный метод Ланцоша), в том числе и для вариантов КЭ-моделей с модулем упругости резины с ужесточением, зависящем от способа крепления пластин.

На рис. 2 приведена деформированная схема виброизолятора с присоединенной массой в крайнем верхнем положении при частоте колебаний 7.45 Гц. На рис. 3 – в крайнем нижнем положении.

Однако в реальных агрегатах, устанавливаемых на виброизоляторах, центр масс агрегата смещен относительно плоскости его установки, а вибровозбуждение носит пространственный характер и может быть представлено парциально, по трем направлениям пространственной системы координат.

Для анализа влияния положения центра масс агрегата на частоту собственных колебаний системы был проведен численный эксперимент. Создан ряд КЭ-моделей единичных разноразмерных резинометаллических вибро-

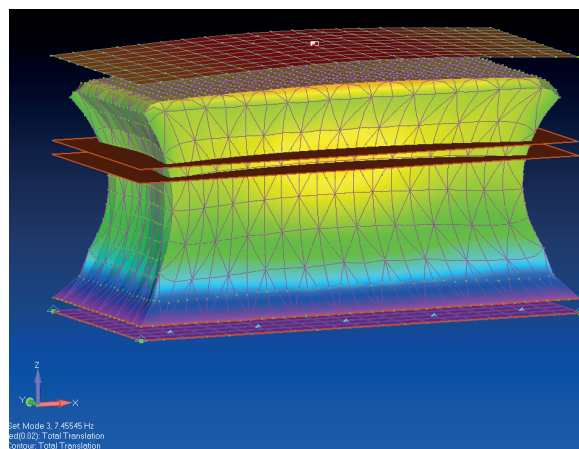


Рис. 2. Крайнее верхнее положение виброизолятора, колебания с частотой 7,45 Гц

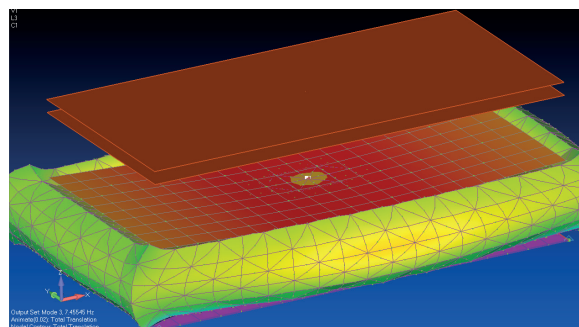


Рис. 3. Крайнее нижнее положение виброизолятора, колебания с частотой 7,45 Гц

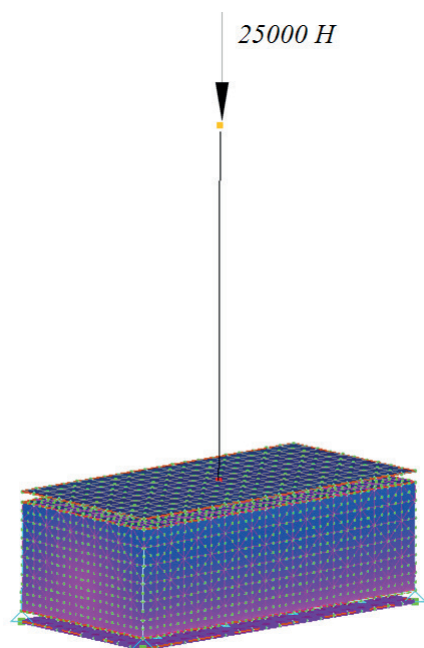


Рис. 4. Загружение КЭ-модели виброизолятора сосредоточенной нагрузкой в центре масс агрегата

РАЗДЕЛ I.

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

изоляторов с размерами в плане 100 x 200; 100 x 300; 100 x 400 и 50 x 100 мм. Расстояние от поверхности изолятора до центра масс оборудования варьировалось в широком диапазоне – от 0 до 1,5 м с градацией через 0.1 м.

Все элементы резинометаллических виброизоляторов моделировались явно, стальные пластины – универсальными пластинчатыми четырехузловыми элементами типа plate, резиновый массив – пространственными КЭ типа solid [6]

Для моделирования абсолютно жестких связей между центром масс агрегата и единичным виброизолятором использован КЭ типа rigid [2].

Все созданные КЭ-модели нагружались одинаковой силой $F = 25000$ Н, изменяющей свое направление по 3 координатным осям и приложенной в точке центра масс агрегата. Пример исследуемой КЭ-модели приведен на рис. 4.

На рис. 2, 3, 4 приведены срединные поверхности стальных пластин, моделирование которых произведено с учетом их толщины (принято $t = 12$ мм).

На рис. 5 приведены результаты определения собственных частот и форм колебаний одного из вариантов КЭ-моделей системы виброизолятор – присоединенная сосредоточенная масса.

Кроме определения собственных частот и форм колебаний для всех рассматриваемых вариантов систем виброизолятор – центр масс агрегата, выведены аппроксимирующие зависимости для расчета частот собственных колебаний системы в функции от расстояния поверхности изолятора до центра масс агрегата.

Зависимости можно использовать для предварительной оценки частотного отклика системы, до стадии моделирования системы МКЭ.

Пример аппроксимирующих зависимостей для определения низких частот приведен ниже.

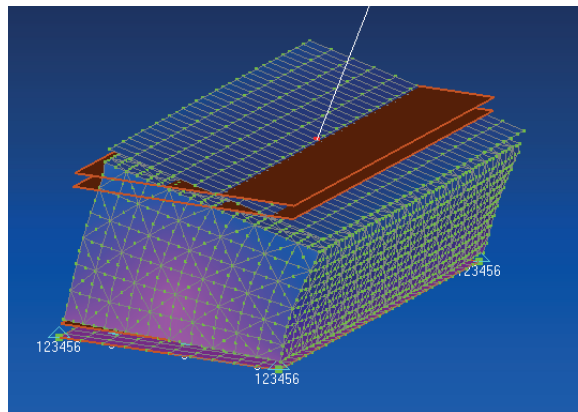
1 форма (угловые колебания в плоскости узкой стороны виброизолятора):

$$f = -4,3094h^3 + 12,252h^2 - 10,535h + 2,8877 \quad (5)$$

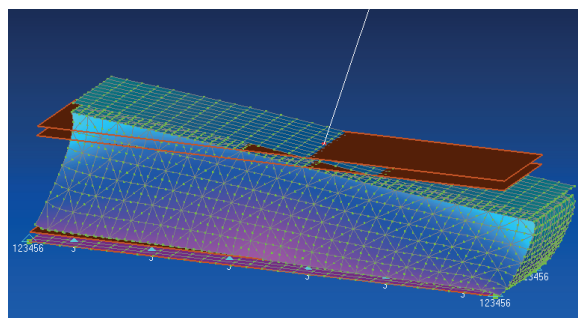
2 форма (угловые колебания в плоскости широкой стороны виброизолятора):

$$f = -10,251h^5 + 40,58h^4 - 60,773h^3 + 44,42h^2 - 17,147h + 3,5171 \quad (6)$$

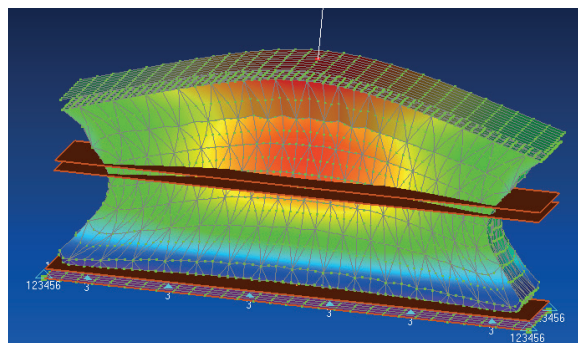
а)



б)



в)



г)

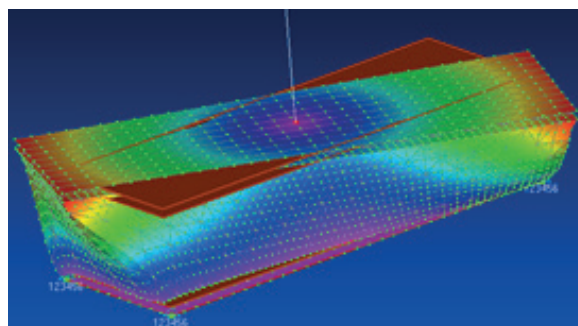


Рис. 5. Формы колебаний одного из вариантов КЭ-моделей системы виброизолятор – присоединенная масса

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Показано, что частота силового динамического возбуждения определяет температуру саморазогрева резинового массива резинометаллического виброизолятора, а температура массива, в свою очередь, является доминирующим фактором расчета ресурса виброизолятора.

2. Определение температуры саморазогрева резинового массива на основании уравнения теплового баланса является необходимым этапом проектирования, но его следует отнести к проектному расчету первого приближения, поскольку распределение температурного поля по массиву является сложным.

3. Выявлено, что параметры собственных линейных колебаний вдоль и угловых крутильных относительно вертикальной оси не зависят от положения центра масс.

Частота собственных угловых колебаний виброизолятора с присоединенной массой относительно горизонтальных осей по мере удаления центра масс агрегата от плоскости центра установки уменьшается по каждой оси.

4. В реальной конструкции виброизоляторы используются в комплекте, их размещение и характер нагружения зависит от конструкции опорных элементов корпусной детали агрегата.

5. Знание собственных частот при упругой установке агрегата необходимо для исключения совпадения этих частот с частотами внешнего силового возбуждения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пономарев, С.Д. Расчеты на прочность в машиностроении. Т.2 / С.Д. Пономарев, В.Л. Бидерман, К.К. Лихарев и др. – М., 1959. – С. 975.

2. Шимкович Д. Г. Femap& Nastran. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2008. – С.704.

Вибрации в технике : справочник : в 6 тт. Том 4 / под общей редакцией В. Н. Челомея. – М.: Машиностроение. 1981. – 509 с.

3. Расчеты на прочность в машиностроении: справочник. Том 2 / под ред. С. Д. Пономарева; НТИ маш. литературы. – М., 1958. – 970 с.

4. Балакин, П.Д. Расчет температурного режима работы резинометаллического призматического виброизолятора / П.Д. Балакин, Л.В. Красотина, А.В. Кривцов // Динамика систем, механизмов, машин. – 2016. – №1. – Том 1. – С. 5–8.

5. Балакин, П.Д. Статика резинометаллического виброизолятора / П.Д. Балакин, Л.В. Красотина, А.В. Кривцов // Омский научный вестник. – 2016. – № 3 (147). – С. 10–14.

6. Гурова, Е. Г. Виброизолятор энергетической установки с одноосным нелинейным электромагнитным компенсатором жёсткости / Е.Г. Гурова // Молодой ученый. – 2009. – №11. – С. 26-29.

7. Гурова, Е.Г. Разработка эффективно-виброизолирующего устройства на транспорте / Е.Г. Гурова, В.Ю. Гросс // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 2 (45). – С. 68-70.

CALCULATION OF TEMPERATURE REGIME AND DETERMINATION OF FREQUENCIES OF OWN VIBRATIONS OF THE SINGLE DIFFERENTIAL REZINOMETALLIC VIBROIZOLATOR

Annotation. Extending the resource rubber vibration isolators with simple prismatic array of rubber used for the installation of the large aggregates of machines is an urgent task. In this article presented of the static analysis work rubber isolator through mathematical modeling, based on the contact boundary value problem of structural type. In this work detected effect of the position of the center of mass at the natural frequency of a single isolator with different size. Shows an example of approximating dependences for determining the low-frequency rubber vibration isolators prismatic.

Keywords: steel rubber vibration isolator; self-heating, work, heat, excitation frequency, finite element method; finite element model; the middle of the surface; static load; border conditions; frequency and waveform.

REFERENCES

1. Ponomarev S.D., Biederman V.L., Liharev K.K., et al. Calculations of strength in machine-building. V.2. – М.: the state of scientific and

technical publishing Machine Design-tional literature, 1959. – pp. 975.

2. Shimkovich D.G. Femap& Nastran. Engineering finite element analysis. – М.: ДМК Пресс, 2008, – P.704.

3. Vibration technique. Guide in 6 volumes. Volume 4. Edited Chelomei B.H., M.: Engineering. 1981. 509 pp

4. Calculations of strength in mechanical engineering. Directory. Volume 2, ed. Ponomareva S.D. STI mach. literature. M. 1958. 970 pp

5. Balakin P.D., Krasotina L.V., AV Krivtsov The calculation of the temperature regime of work re-zinometallichesкого prismatic isolator // Dynamics of systems, mechanisms, machines. -2016. – №1 volume 1. S. 5-8.

6. Balakin P.D., Krasotina L.V., Krivtsov A.V. Statics rubber vibration isolation torus // Omsk Scientific Bulletin. -2016 – № 3 (147). S. 10-14.

7. Gurova EG Vibration eliminator power plant with uniaxial nonlinear electron-netic compensator stiffness // Young scientist. – 2009. – №11. – S. 26-29.

8. Gurova EG, Gross VY Development of an effective anti-vibration devices on transport // Transport of the Russian Federation. – 2013. – №2 (45). – S.68-70.

Балакин Павел Дмитриевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Машиноведение» ФГБОУ ВПО ОмГТУ, г. Омск (644050, г. Омск пр. Мира, 11,

e-mail: pavel.balakinomgtu@mail.ru).

Красотина Лариса Владимировна (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры Строительные конструкции ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: krasotina.larisa@gmail.com).

Кривцов Александр Викторович (Омск, Россия) – инженер-конструктор Научно-производственного предприятия «Прогресс», г. Омск (644070, г. Омск, 10 лет октября, 111/1 – 66, e-mail: aleksandr.krivtsov@yandex.ru.

Balakin Pavel Dmitrievich (Omsk, Russia) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. ka-Phaedra “Knowing machines” VPO OmSTU, Omsk (644050, Omsk Mira, 11, e-mail: pavel.balakinomgtu@mail.ru).

Larisa V. Krasotina (Omsk, Russian Federation) – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Department of building construction Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: krasotina.larisa@gmail.com).

Krivtsov Alexander, Design Engineer Research and Production enterprise-prises “Progress”, Omsk (644070, Omsk, 10 years of October, 111/1 – 66, e-mail: aleksandr.krivtsov@yandex.ru).

УДК 621.86

ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕГУЛЯТОРОВ ГАШЕНИЯ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА МОСТОВОГО КРАНА

*М.С. Корытов¹, В.С. Щербakov¹, Е.О. Шершнева¹
¹ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск*

Аннотация. В результате проведенных вычислительных экспериментов на имитационной модели мостового крана с двумя регуляторами гашения колебаний груза при его перемещении, для тестовой траектории получены зависимости показателей, характеризующих процесс перемещения от коэффициентов регуляторов. В качестве показателей использованы максимальная абсолютная погрешность линейных координат груза, максимальные скорости перемещения моста и грузовой тележки крана, максимальные ускорения моста и грузовой тележки. Обоснованы рациональные значения коэффициентов регуляторов гашения колебаний, при которых не возникают самоподдерживающиеся автоколебания моста и грузовой тележки.

Ключевые слова: мостовой кран, гашение колебаний, регулятор, раскачивание груза.

ВВЕДЕНИЕ

Задача гашения маятниковых колебаний груза на гибком канатном подвесе мостового крана (МК) при его перемещении является

актуальной [1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12]. Маятниковые неуправляемые колебания груза увеличивают продолжительность цикла МК на величину до 20 %, что существенно снижает производительность [1].

Одним из эффективных способов устранения неуправляемой компоненты маятниковых колебаний груза в двух перпендикулярных плоскостях (в направлениях движения моста и грузовой тележки МК соответственно) является использование регуляторов. Предлагается использовать два регулятора, имеющих структуру, представленную на рис. 1, как задатчики координат моста и грузовой тележки МК, которые должны гасить неуправляемые колебания груза [7,8,9]. Механическая подсистема МК описывалась в виде имитационной модели [9].

На рис. 1 приняты следующие обозначения: $x_{ГР}$, $z_{ГР}$ – требуемые координаты груза; $x_{ГП}$, $z_{ГП}$ – действительные координаты груза; $x_{П}$, $z_{П}$ – требуемые координаты подвеса груза (моста и грузовой тележки МК соответственно); E , F , G , N – эмпирические коэффициенты регуляторов моста и тележки МК [13].

Представленная на рис. 1 схема с регуляторами может быть использована как на математической имитационной модели, так и на реальном объекте МК. В последнем случае вместо виртуальных измерителей текущих координат груза МК необходимо использовать

систему датчиков, установленных на реальном объекте. Использование на реальном объекте схемы с регуляторами предполагает оснащение МК перспективным частотно-регулируемым приводом, позволяющим осуществлять бесступенчатое изменение скоростей движения моста и грузовой тележки МК от нуля до максимальных значений.

На рис. 2 приведена схема регулятора отдельного привода в обозначениях Simulink/MATLAB. На вход регулятора подается сигнал рассогласования между сигналом с задатчика требуемой координаты груза и сигналом фактической координаты груза. На выходе регулятора формируется сигнал требуемой координаты (задатчика) точки подвеса груза.

Необходимо обосновать рациональные значения коэффициентов E , F , G , N двух регуляторов гашения колебаний, используемых в схеме рис. 1, при которых они будут успешно выполнять функцию гашения неуправляемой компоненты колебаний груза и, в то же время, при которых не возникают самоподдерживающиеся автоколебания моста и грузовой тележки.

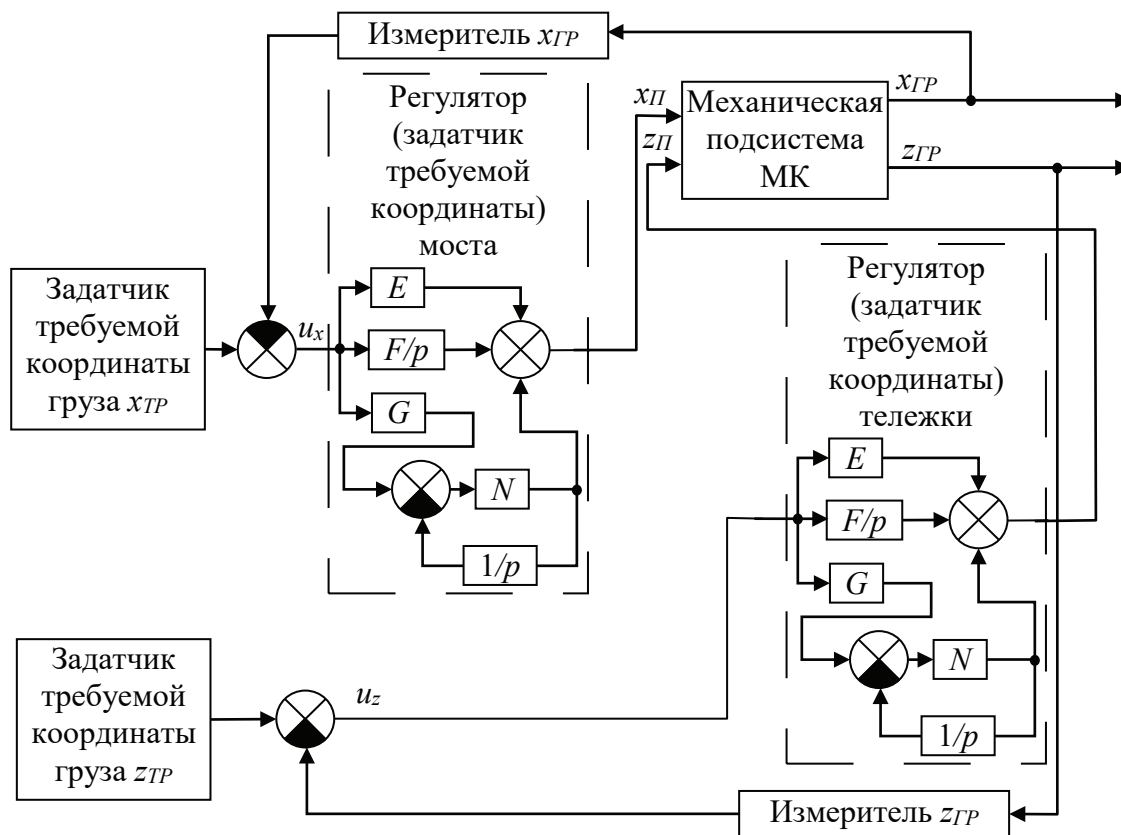


Рис. 1. Схема связей модели механической подсистемы мостового крана с регуляторами для гашения колебаний груза

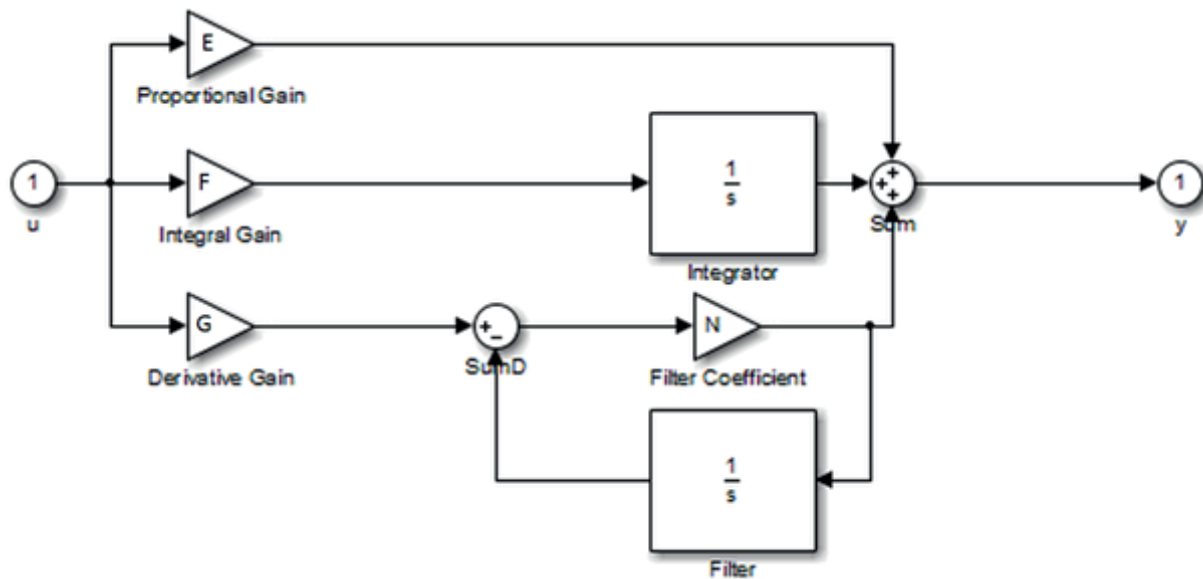


Рис. 2. Схема отдельного регулятора в обозначениях Simulink/MATLAB: u – входной сигнал рассогласования; y – выходной сигнал

ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ РЕГУЛЯТОРОВ

С использованием разработанной согласно схеме рис. 1 имитационной математической модели МК с регуляторами (рис. 3) [9], была проведена серия имитационных вычислительных экспериментов. Коэффициенты E, F, G двух регуляторов принимали значения из диапазонов $E=[10:10:80]$; $F=[0:1:5]$; $G=[0:1:5]$. Исследовались все возможные сочетания. Коэффициент фильтров регуляторов N принимал постоянное значение $N=100$.

В серии имитационных вычислительных экспериментов моделировалось перемещение груза по тестовой траектории, имеющей вид дуги (рис. 4). Подобная траектория позволяет осуществить обход грузом препятствия (в виде стены, контейнера и т.п.). При помощи двух сигмоидальных (логистических) временных функций отдельно по каждой горизонтальной координате X_0 , Z_0 пространства в неподвижной декартовой системе координат $O_0X_0Y_0Z_0$, формируется общая траектория в виде дуги для обхода единичного препятствия, не имеющая в $O_0X_0Y_0Z_0$ точки перегиба [9, 14]:

$$X_{TP}(t, a, c) = l_x / (1 + e^{-a \cdot (t-c)}); \quad (1)$$

$$Z_{TP}(t, a_1, c_1, a_2, c_2) = (s_x \cdot k_{sx}) / ((1 + e^{-a_1 \cdot (t-c_1)}) \cdot (1 + e^{-a_2 \cdot (t-c_2)})), \quad (2)$$

$$Y_{TP} = \text{const},$$

где t – время; X_{TP} , Z_{TP} – требуемые горизонтальные координаты груза в момент t ; Y_{TP} – вертикальная координата груза; a, c, a_1, c_1, a_2, c_2 – параметры сигмоидальных функций; l_x – заданная длина перемещения груза вдоль оси X_0 (начальная и конечная точки имеют нулевую координату $Z=0$); s_x – размер наибольшего заданного смещения дуги требуемой траектории груза вдоль оси Z_0 (для обхода препятствия); k_{sx} – коэффициент коррекции наибольшего значения смещения груза вбок.

$$k_{sx} = (1 + e^{-a_1 \cdot (c-c_1)}) \cdot (1 + e^{-a_2 \cdot (c-c_2)}).$$

Функция (2) является произведением двух функций вида (1) – нарастающей и ниспадающей, с отличным друг от друга временем точек перегиба. Параметры c, c_1, c_2 задают время точек перегиба сигмоидальных функций. Параметрами a, a_1, a_2 определяется скорость изменения (роста или спада, определяется знаком) функций.

В результате в декартовой системе координат $O_0X_0Y_0Z_0$ формируется траектория в виде дуги (см. рис. 4). Предельные размеры данной кривой в описываемой серии экспериментов были заданы параметрами $l_x=10$ м и $s_x=8$ м. Время перемещения точки подвеса груза T_{Π} принимало фиксированное значение $T_{\Pi}=30$ с. Длина грузового каната принимала

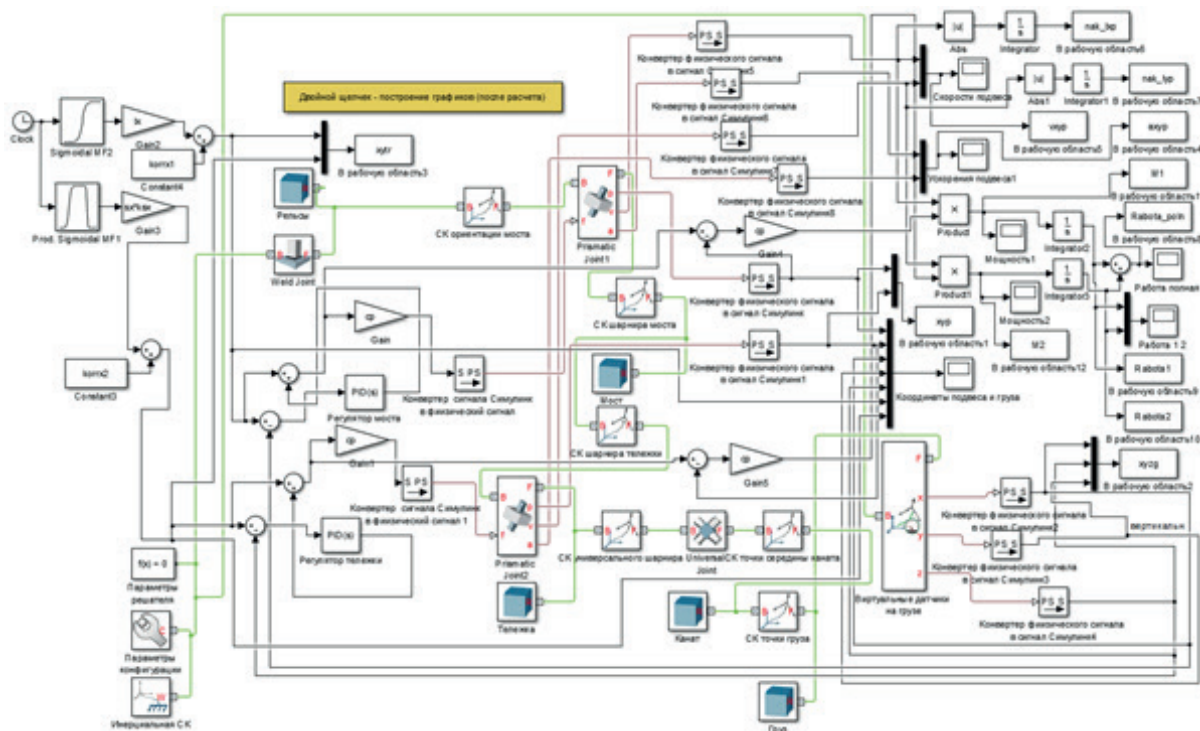


Рис. 3. Имитационная модель мостового крана с регуляторами в обозначениях SimMechanics Second Generation и Simulink

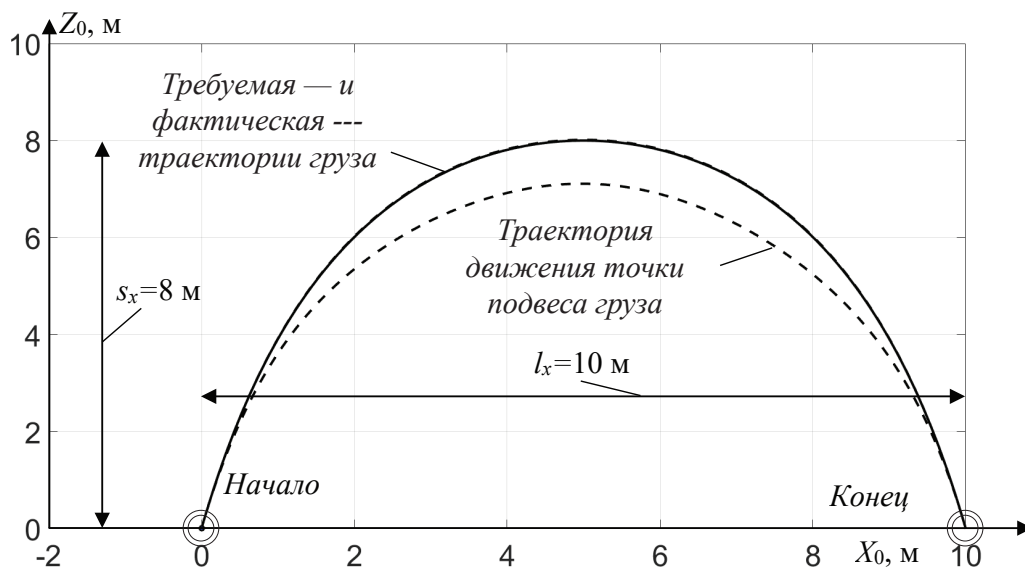


Рис. 4. Тестовая требуемая траектория груза, соответствующая ей фактическая траектория груза и траектория движения точки подвеса ($l_x=10$ м, $s_x=8$ м, $T_n=30$ с, $E=20$, $F=5$, $G=5$)

также фиксированное значение 10 м. Масса груза была принята равной 100 кг.

В каждом эксперименте были получены значения максимальной абсолютной погрешности линейных координат груза Δ_{max} , максимальных скоростей перемещения моста и грузовой тележки крана v_{1max} , v_{2max} , максимальных ускорений моста и грузовой тележки a_{1max} , a_{2max} .

Анализ результатов проведенного вычислительного эксперимента (рис. 5) показал, что для рассматриваемой тестовой траектории при увеличении значений пропорционального коэффициента регулятора E точность реализации сначала возрастает, а затем стабилизируется около минимальных ненулевых значений. При $E \geq 50$ максимальная абсолютная

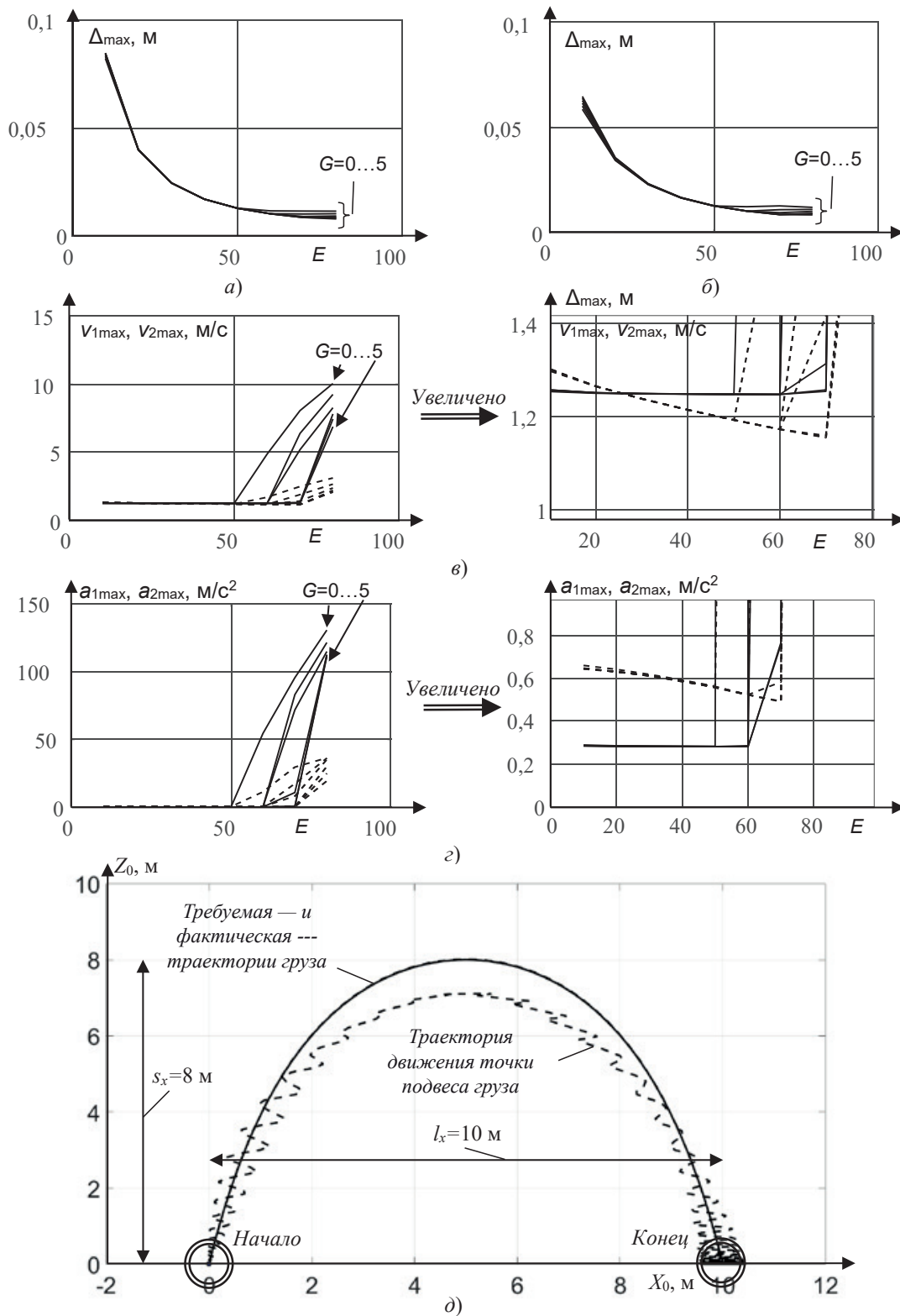


Рис. 5. Зависимости показателей, характеризующих процесс перемещения от пропорционального коэффициента регуляторов E : а – абсолютная погрешность линейных координат груза при $F=0$; б – абсолютная погрешность линейных координат груза при $F=5$; в – максимальные скорости перемещения моста (—) и грузовой тележки (---) крана при $F=0$; г – максимальные ускорения моста (—) и грузовой тележки (---) крана при $F=0$; д – фактическая траектория груза и траектория движения точки подвеса при $E=60, F=0, G=0$

погрешность линейных координат груза стабилизируется около значений $\Delta_{\max} \approx 0,01$ м (см. рис. 5, д). При этом изменение значений F и G в рассматриваемых диапазонах варьирования не оказывает существенного воздействия на точность перемещения (см. рис. 5, а и 5, б).

В то же время при $E > 50$ возникают самоподдерживающиеся автоколебания моста и грузовой тележки, что выражается в резком, на порядок, увеличении максимальных скоростей перемещения моста и грузовой тележки МК (см. рис. 5, в), и увеличении на два порядка максимальных ускорений перемещения моста и грузовой тележки МК (см. рис. 5, г). Подобные ускорения практически не реализуемы ни современными, ни перспективными приводами моста и грузовой тележки МК, в том числе по причине больших значений масс и моментов инерции указанных подвижных звеньев. Поэтому сочетания значений коэффициентов регуляторов E, F и G, при которых скорости и ускорения моста и тележки МК резко возрастают, не могут быть использованы.

Увеличение значений F и G в рассматриваемых диапазонах варьирования повышает устойчивость динамической системы МК с регуляторами, что выражается в уменьшении максимальных скоростей и ускорений перемещения моста и грузовой тележки МК и сдвиге вправо по оси значений E точек начала резких скачков максимальных скоростей и ускорений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом анализа всех полученных результатов, на их основе был сделан следующий вывод. Для того, чтобы полностью исключить недопустимые самоподдерживающиеся автоколебания моста и грузовой тележки МК при обеспечении движения груза по тестовой и близким к ней траекториям в режиме гашения колебаний груза, целесообразно принять сочетание значений коэффициентов регуляторов $E=15\dots 25$, $F=4\dots 5$, $G=4\dots 5$. Данное сочетание значений коэффициентов, с одной стороны, обеспечивает достаточную точность реализации заданной траектории перемещения груза, а с другой стороны исключает самоподдерживающиеся автоколебания моста и грузовой тележки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щедринов, А.В. Автоматическая система успокоения колебаний груза для мостового крана / А.В. Щедринов, С.А. Сериков, В.В. Кол-

мыков // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2007. – № 8. – С. 13-17.

2. Толочко, О.И. Сравнительный анализ методов гашения колебаний груза, подвешенного к механизму поступательного движения мостового крана / О.И. Толочко, Д.В. Бажутин // Электромашиностроение и электрооборудование. – 2010. – № 75. – С. 22-28.

3. Шведова, О.А. Алгоритмы подавления колебаний грузов подъемно-транспортных механизмов с использованием нечеткой логики функционирования / О.А. Шведова и др. // Доклады БГУИР. – 2014. – № 1 (79). – С. 65-71.

4. Черноусько, Ф.Л. Управление колебаниями / Ф.Л. Черноусько, Л.Д. Акуленко, Б.Н. Соколов. – М.: Наука, 1980. – 383 с.

5. Ridout A.J. Anti-swing control of the overhead crane using linear feedback // J. of Electrical and Electronics Engineering. – 1989. – Vol. 9, No. 1/2. – p. 17–26.

6. Omar H.M. Control of gantry and tower cranes : PhD Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. – 2003. – 100 p.

7. Korytov M., Shcherbakov V., Volf E. Impact sigmoidal cargo movement paths on the efficiency of bridge cranes // International Journal of Mechanics and Control, ISSN: 1590-8844. – 2015. – Vol. 16, No. 2. – p. 3–8.

8. The reduction of errors of bridge crane loads movements by means of optimization of the spatial trajectory size / V. Shcherbakov, etc. // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 811. – p. 99–103.

9. Mathematical modeling of process moving cargo by overhead crane / V. Shcherbakov, etc. // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vols. 701-702. – p. 715–720.

10. A new vision-sensorless anti-sway control system for container cranes / Y.S. Kim, etc. // Industry Applications Conference. – 2003. – Vol. 1. – p. 262–269.

11. Command Shaping for Nonlinear Crane Dynamics / D. Blackburn, etc. // Journal of Vibration and Control. – 2010. – № 16. – p. 477–501.

12. Singer N., Singhose W., Seering W. Comparison of filtering methods for reducing residual vibration // European Journal of Control. – 1999. – No. 5. – p. 208–218.

13. Денисенко В.В. Разновидности ПИД-регуляторов / В.В. Денисенко // Автоматизация в промышленности. – 2007. – № 6. – С. 45-50.

14. Mitchell, Tom M. Machine Learning. – WCB/McGraw-Hill, 1997. – 414 p.

JUSTIFICATION OF VALUES FACTOR CONTROLLER VIBRATION DAMPING SHIPPING BRIDGE CRANES

Abstract. As a result of computational experiments on the simulation model of the bridge crane with controller cancellations load fluctuations when it is moved to test trajectories are obtained depending on the indicators characterizing the process of moving from the regulator coefficients. The indicators used by the maximum absolute error of the linear referencing load, the maximum speed of movement of the bridge crane and a cargo truck, the maximum acceleration of the bridge and trolley. Substantiated rational values of the vibration damping control factors, which do not appear self-sustaining self-oscillation of the bridge and trolley.

Keywords: bridge crane, vibration damping, controller, load sway.

REFERENCES

1. Shedrinov, A. An automatic system of load's oscillation damping for the bridge crane / A. Shedrinov, S. Serikov, V. Kolmykov // Devices and systems, Management, Controlling, Diagnostic, 2007, № 8. pp. 13-17.
 2. Tolochko O. A comparative analysis of methods of damping the load suspended from the mechanism of translational motion of overhead crane / O. Tolochko, D. Bazhutin // Electrical engineering and electrical equipment, 2010. № 75. pp. 22-28.
 3. Shvedova, O.A. Algorithms for suppressing vibrations of goods lifting and transport mechanisms using fuzzy logic operation / O.A. Shvedova, etc. // Reports BSUIR. – 2014. – № 1 (79). – pp. 65-71.
 4. Chernousko, F.L. Fluctuations management / F.L. Chernousko, L.D. Akulenko, B.N. Sokolov. – M.: Nauka, 1980. – 383 p.
 5. Ridout A.J. Anti-swing control of the overhead crane using linear feedback // J. of Electrical and Electronics Engineering. – 1989. – Vol. 9, No. 1/2. – pp. 17-26.
 6. Omar H.M. Control of gantry and tower cranes : PhD Dissertation. Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia. – 2003. – 100 p.
 7. Korytov M., Shcherbakov V., Volf E. Impact sigmoidal cargo movement paths on the efficiency of bridge cranes // International Journal of Mechanics and Control, ISSN: 1590-8844. – 2015. – Vol. 16, No. 2. – pp. 3–8.
 8. The reduction of errors of bridge crane loads movements by means of optimization of the spatial trajectory size / V. Shcherbakov, etc. // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 811. – pp. 99–103.
 9. Mathematical modeling of process moving cargo by overhead crane / V. Shcherbakov, etc. // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vols. 701-702. – pp. 715–720.
 10. A new vision-sensorless anti-sway control system for container cranes / Y.S. Kim, etc. // Industry Applications Conference. – 2003. – Vol. 1. – pp. 262–269.
 11. Command Shaping for Nonlinear Crane Dynamics / D. Blackburn, etc. // Journal of Vibration and Control. – 2010. – № 16. – pp. 477–501.
 12. Singer N., Singhose W., Seering W. Comparison of filtering methods for reducing residual vibration // European Journal of Control. – 1999. – No. 5. – pp. 208–218.
 13. Denisenko, V.V. Varieties of PID-regulators / V.V. Denisenko // Automation in the industry. – 2007. – № 6. – pp. 45-50.
 14. Mitchell, Tom M. Machine Learning. – WCB/McGraw-Hill, 1997. – 414 p.
- Корытов Михаил Сергеевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: kms142@mail.ru)*
- Щербakov Виталий Сергеевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизация производственных процессов и электротехника» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sherbakov_vs@sibadi.org)*
- Шершнева Елена Олеговна – инженер-программист отдела по связям с общественностью ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5)*
- Mikhail S. Korytov (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of a university department "Automobiles, construction materials and technologies", The Siberian Automobile and Highway University (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: kms142@mail.ru)*
- Vitaliy S. Sherbakov (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of*

the Department "Automation of industrial processes and electrical", The Siberian Automobile and Highway University (644080, Omsk, pr. Mira, 5, e-mail: sherbakov_vs@sibadi.org)

Elena O. Shershneva (Omsk, Russian Federation) – Software Engineer of Public Relations, The Siberian Automobile and Highway University (644080, Omsk, pr. Mira, 5)

.....

УДК 621.926

ПУТИ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА ЭЛЕМЕНТОВ ДРОБИЛЬНО-РАЗМОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*В. Н. Кузнецова, Я. В. Ярмович
ФГБОУ ВО «СИБАДИ», Россия, г. Омск*

Аннотация. Вероятностный характер распределения ресурса агрегатов, сборочных единиц и деталей машин и оборудования, в том числе и дробильно-размольного, определяет наличие определенных резервов в совершенствовании системы планово-предупредительных работ при проведении технического обслуживания (ТО) и ремонта. Современный этап совершенствования системы технического обслуживания машин предусматривает разработки управляющих воздействий на основе показателей технической диагностики, которая обеспечивает возможность прогнозирования состояния элементов машин. В статье приведены результаты исследований по определению потребности дробильно-размольного оборудования в проведении ТО или ремонте исходя из фактического состояния смазочного материала.

Ключевые слова: Дробильно-размольное оборудование, долговечность, система смазки, фактическое состояние.

ВВЕДЕНИЕ

Структура системы планово-предупредительных работ по техническому обслуживанию (ТО) и ремонту (система ППР) строительных и дорожных машин предусматривает выполнение их в плановом порядке с учетом наработки техники. Виды технического обслуживания производятся с различной периодичностью и отличаются регламентом выполняемых работ, трудоёмкостью и продолжительностью выполнения. Система планово-предупредительного ТО и ремонта дорожных и строительных машин базируется на фундаментальных исследованиях процессов трения, изнашивания и смазки материалов и деталей машин, а также на общих вопросах теории надежности. Она представляет собой комплекс организационно-технических мероприятий предупредительного характера, проводимых периодически в плановом порядке и направленных на поддержание машин в работоспособном состоянии без учета фактического состояния машины и ее элементов. Периодичность и качество проведения операций технического обслуживания и ремонта зависит от принятой на предприя-

тии системы технической эксплуатации машин и оборудования, а также от квалификации обслуживающего персонала. Большое значение при этом имеет наличие и номенклатура технологических средств на предприятии.

В последние годы при назначении режимов обслуживания наметилась тенденция учета технического состояния машин и фактической потребности в ТО и ремонте почти во всех отраслях машиностроения. Кроме этого, проводятся исследования по оптимизации интервала между профилактическими ремонтами оборудования и создания оптимальных регламентов работ по ТО и ремонту. Очевидно, что совершенствование системы ТО и ремонта техники необходимо проводить в следующих направлениях: всестороннее определение технического состояния машин или их элементов и факторов, влияющих на него; учет индивидуальных особенностей машин; совершенствование производственно-технической базы предприятий. При этом особое значение имеет обоснование периодичности проведения управляющих воздействий: замены смазочных материалов и рабочих жидкостей, регулировочных и других видов работ [1].

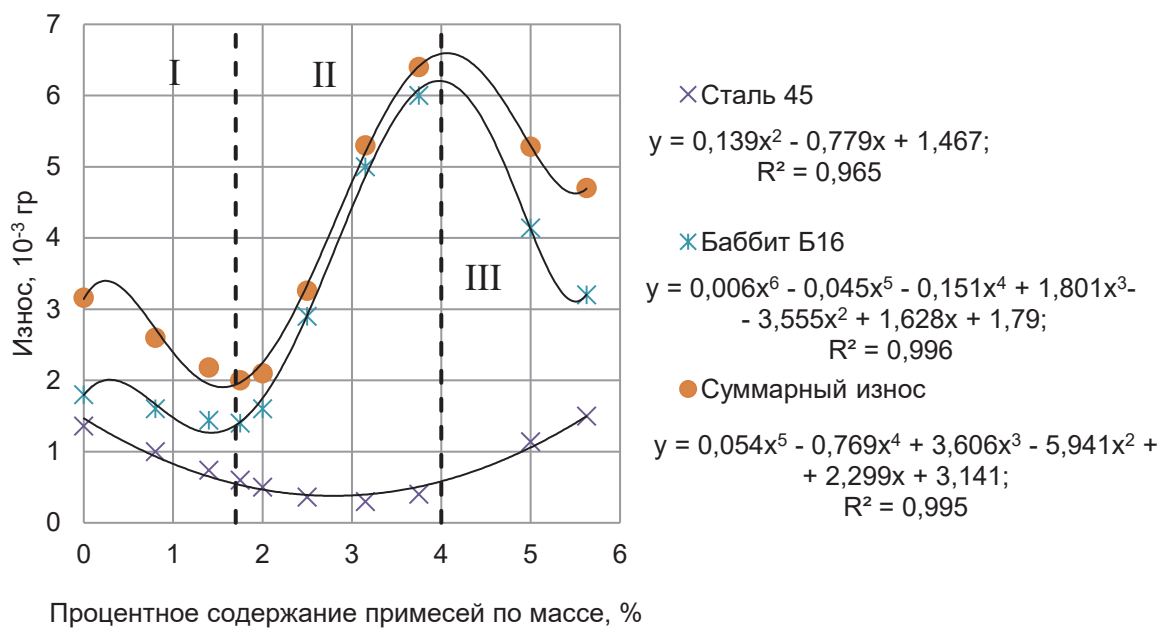


Рис. 1. Зависимость износа вала (сталь 45), вкладыша (баббит Б16) и суммарный износ от загрязненности масла И-ГТ-А 100 для $f = 8$

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДРОБИЛЬНО-РАЗМОЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В качестве смазочного материала для узлов трения дробильно-размольного оборудования (ДРО) применяют индустриальные масла И-ГТ-А-100 (ГОСТ 20799-88) [2]. Установлено, что основной причиной выбраковки смазочного материала в системе смазки ДРО является насыщение его механическими примесями от обрабатываемого сырья и продуктами изнашивания [3]. Оно приводит к повышению загрязненности индустриального масла до 6 % по массе [4]. Поддержание оптимально низкого уровня загрязнений в масле, осуществляемое путем его замены, менее рационально, чем своевременная очистка масла от механических примесей и замена по фактическому состоянию. Для внедрения системы замены масел по их фактическому состоянию необходимы критерии предельного состояния масел для конкретных условий эксплуатации.

При выполнении исследования отбирались пробы масел из систем смазки ДРО, перерабатывающие сырье с различной крепостью по шкале М. М. Протодьяконова. Накопленные пробы смазочного материала подвергались анализу на содержание механических примесей. Затем образцы с определенными концен-

трациями загрязнений использовались для проведения дальнейших исследований изнашивания пар трения подшипников скольжения опорного вала ДРО.

Износ материалов с использованием в качестве смазки индустриального масла И-ГТ-А-100 с различным содержанием механических примесей и различной крепостью обрабатываемого сырья в лабораторных условиях изучали на машине трения МИ-1М по схеме «вал – частичный вкладыш». При испытаниях фиксировались износ и температура в околосконтактной зоне. До и после испытаний образцы материалов взвешивались на аналитических весах с погрешностью не более 0,1 мг. Пара трения нагружалась до давления 6,5 МПа и испытывалась при скорости скольжения 1,64 м/с в течение 0,33 ч на каждой концентрации механических примесей. Обработка результатов осуществлялась с использованием статистических методов [5].

В результате испытаний получены зависимости износа узла трения и температуры в околосконтактной зоне от концентрации механических примесей и крепости обрабатываемого сырья. Исследования проводились для крепости обрабатываемого сырья f по шкале М. М. Протодьяконова, равного 5, 8, 10, 12, 15 и 18. Результаты представлены на рисунках 1 – 4.

Как видно из графиков, можно выделить несколько зон трения (I – III). В первой зоне

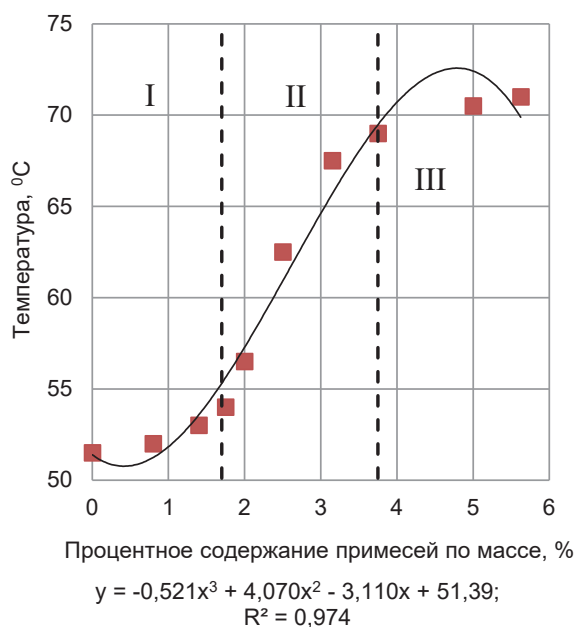


Рис. 2. Зависимость температуры в околоконтактной зоне при установившемся режиме трения от загрязненности масла И-ГТ-А 100 для $f = 8$

наблюдается относительно небольшой износ пары трения. Это связано с тем что незначительное внедрение абразива в поверхность баббита увеличивает его твердость. Но эта концентрация не вызывает износа вала. Также в этой зоне наблюдается плавное повышение температуры.

В следующей зоне отмечается значитель-

ное увеличение температуры. Концентрация механических примесей способствует ускоренному разрушению поверхности вкладыша.

При дальнейшем росте содержания механических примесей в масле (третья зона) внедрение абразива в баббит делает его поверхность более твердой и несколько снижает его износ. Но это вызывает повышение износа ролика. При этом наблюдается незначительное изменение температуры в околоконтактной зоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для обеспечения высокого ресурса узлов трения ДРО необходимо ограничивать содержание механических примесей в масле уровнем, при котором не развивается процесс закрепления абразива на поверхности материала вкладыша, что соответствует предельному значению концентрации механических примесей первой зоны [6].

Испытания проб масел, проведенные по описанной выше методике, для обрабатываемого сырья с различным коэффициентом крепости по шкале профессора М. М. Протодьяконова позволили выявить зависимость критерия предельного состояния смазочного материала от абразивных свойств механических примесей (рисунок 5).

Для обеспечения долговечности системы смазки ДРО необходимо обеспечить содержание механических примесей на заданном уровне

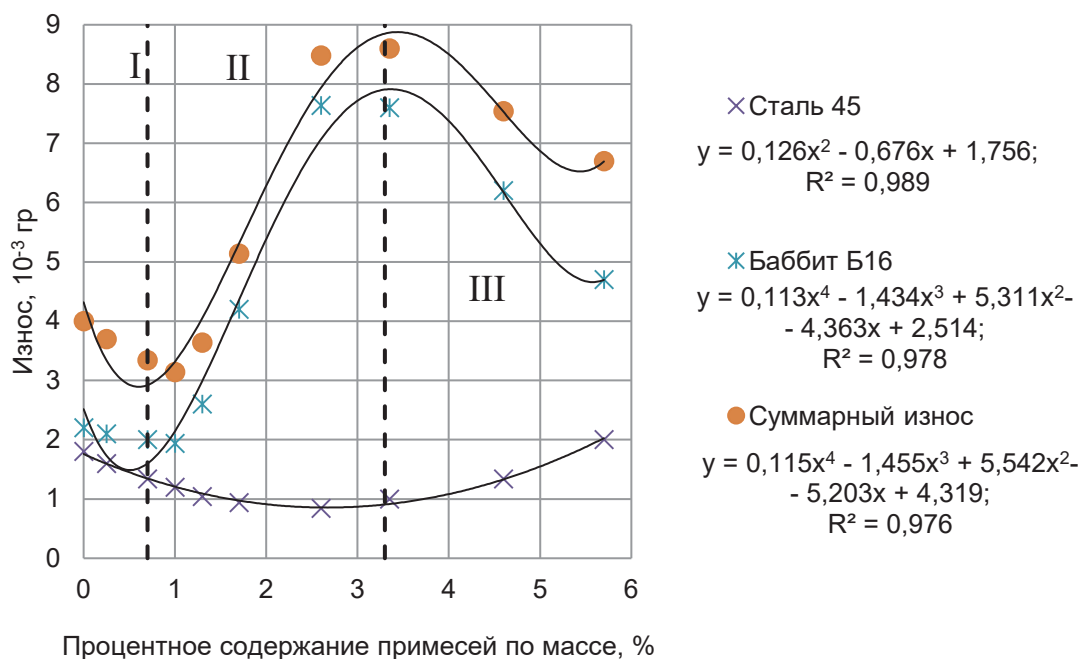


Рис. 3. Зависимость износа вала (сталь 45), вкладыша (баббит Б16) и суммарный износ от загрязненности масла И-ГТ-А 100 для $f = 18$

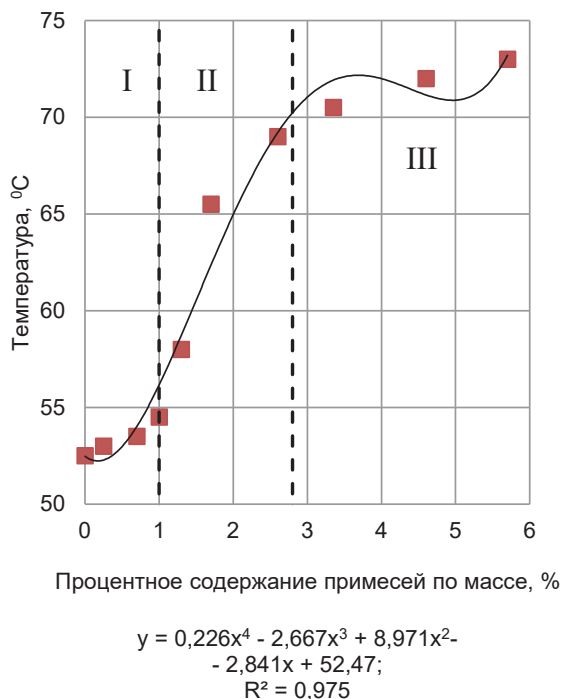


Рис. 4. Зависимость температуры в околоконтактной зоне при установившемся режиме трения от загрязненности масла И-ГТ-А 100 для $f = 18$

не, что в свою очередь можно осуществить своевременной заменой или очисткой смазочного материала. При этом периодичность замены смазочного материала должна быть обоснована, чтобы не допустить чрезмерных расходов на техническое обслуживание и простой оборудования в ремонте [7]. Внедрение системы замены масел по их фактическому состоянию позволит обеспечить контроль и поддержание их чистоты на необходимом уровне, а также увеличить ресурс узлов трения ДРО в среднем на 15 ... 18 % и сократить потребление смазочных материалов до 70 % [8].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корнеев, С. В. Рекомендации по применению смазочных материалов, оборудованию и рациональному использованию смазочных материалов на предприятиях цветной металлургии / С. В. Корнеев, Л. И. Данилов, Ф. И. Свечникова и др.; под ред. В. Б. Лагунова. – М. : Металлургия, 1988. – 192 с.
2. Иванов, В. Ф. Дробильно-сортировочное оборудование / В. Ф. Иванов. – Красноярск : Красноярский политехнический ин-т, 1966. – Ч. 1: Оборудование для дробления каменных материалов. – 1966. – 135 с.
3. Ярмович, Я. В. Обоснование ресурса смазочного материала дробильно-размольного оборудования / Я. В. Ярмович // Вестник СибАДИ. – 2016. – № 4 (50). – С. 43-47.
4. Корнеев, С. В. Особенности обкатки крупногабаритных высоконагруженных подшипников скольжения типа «баббит-сталь» / С. В. Корнеев, В. Б. Лагунов, Ф. И. Свечникова, А. В. Ножненко // Цветная металлургия. – 1988. – № 9 – С. 43-44.
5. Реброва, И. А. Планирование эксперимента: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2010. – 105 с.
6. Рейш, А. К. Повышение долговечности деталей строительных машин с использованием эффекта избирательного переноса / А. К. Рейш, М. А. Дюкин // Строительные и дорожные машины. – 1984. – № 4. – С. 29-31.
7. Ярмович, Я. В. Способ экономии индустриальных масел в системах смазки дробильно-размольного оборудования // Труды аспирантов и студентов ГОУ «СибАДИ»: сборник трудов / СибАДИ. – Вып. 8 – Омск, 2011. – С. 235-240.
8. Корнеев, С. В. Оценка возможностей повторного использования отработанных масел в горно-обогачительных комбинатах АК «Алроса» (ОАО) / Н. Е. Кулинич, Г. А. Мартынова, С. В. Корнеев // Экология и промышленность России. – 2013. – № 4. – С. 46-51.

ANALYSIS OF THE ACTUAL STATE LUBRICANT TO RESOURCE ELEMENTS CRUSHING AND GRINDING MACHINERY

Annotation. The probabilistic nature of resource allocation units, assembly units and parts of machines and equipment, including crushing and grinding, detects the presence of certain reserves in the improvement of preventive work the system for maintenance and repair. The current stage of improving the maintenance of the machine system includes the development of control actions on the basis of technical diagnostics indicators, which provides the ability to predict the state of machine elements. The article presents the results of studies to determine the needs of crushing and milling equipment to conduct work the system for maintenance or repair based on the actual condition of the lubricant.

Keywords: Crushing and grinding machinery, durability, lubrication system, the actual state.

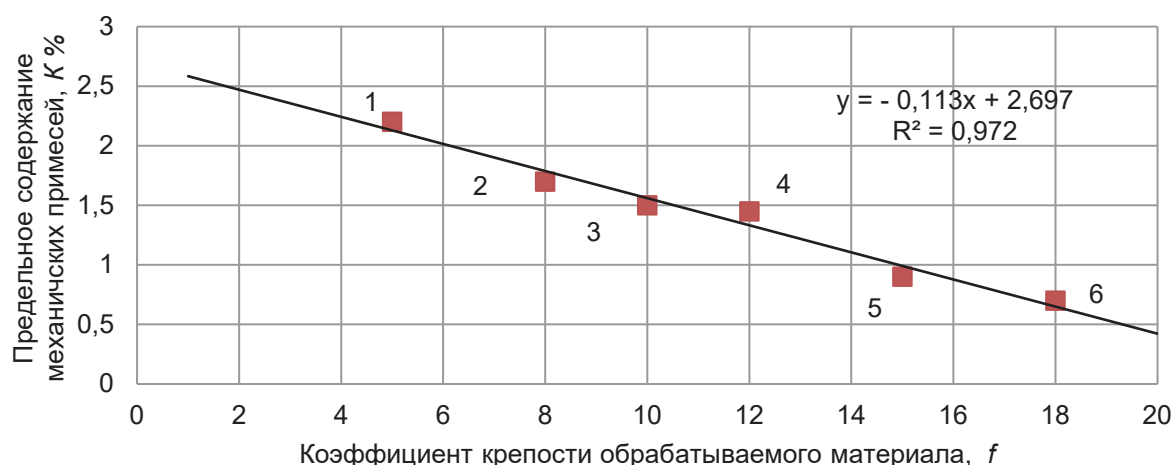


Рис. 5. Зависимость предельной концентрации механических примесей от крепости обрабатываемого сырья по шкале М. М. Протоdjeяконова 1 - 2,2 % (f = 5); 2 - 1,7 % (f = 8); 3 - 1,5 % (f = 10); 4 - 1,45 % (f = 12); 5 - 0,9 % (f = 15); 6 - 0,7 % (f = 18).

REFERENCES

1. Korneev S. V., Danilov L. I., Svechnikova F. I., Kadantsev A. V., Nozhnenko A. V. Rekomendacii po primeneniju smazocznyh materialov, oborudovaniya i racional'nomu ispol'zovaniju smazocznyh materialov na predpriyatijah cvetnoj metallurgii. [Advice on applications of materials, equipment and rational use of lubricants in non-ferrous metallurgy]. Moscow, Metallurgy, 1988. 192 p.
2. Ivanov V. F. Drobil'no-sortirovochnoe oborudovanie. [Crushing and milling equipment]. Krasnoyarsk, 1966. 135 p.
3. Yarmovich Y. V. Obosnovanie resursa smazoczного материала dробil'no-razmol'ного oborudovaniya. [Justification of resource lubricant crushing and milling equipment]. Bulletin of the SibADI, 2016. № 4 (50). P. 43-47.
4. Korneev S. V., Lagunov V. B., Svechnikova F. I., Nozhnenko A. V. Osobennosti obkatki krupnogobaritnyh vysokonagrujenyh podshipnikov tipa «babbit-stal'». [Features of the running of large highly loaded sliding bearings such as «steel-babbitt»]. Moscow, Non-Ferrous Metals, 1988, № 9, P. 43 - 44.
5. Rebrova I. A. Planirovanie experimenta: uchebnoe posobie. [Experimental Design: a tutorial]. Omsk, SibADI, 2010. 105 p.
6. Reish A. K., Dyukina M. A. Povyshenie dolgovechnosti detaley stroitel'nyh mashin s ispol'zovaniem efekta izbiratel'ного perенosa. [Increased durability of construction machinery parts using the effect of selective transfer]. Building and

road machines, 1984. № 4. P. 29 - 31.

7. Yarmovich Y. V. Sposoby ekonomii industrial'nyh masel v sisteme smazki dробil'no-razmol'ного oborudovaniya. [Saving method of industrial oils in lubrication systems of crushing and milling equipment]. Proceedings of graduate and undergraduate students GOU «SibADI»: Proceedings. Vol. 8, Omsk, 2011. P. 235 - 240.

8. Kulinich N. E., Martynov G. A., Korneev S. V. Otsenka vozmozhnosti povtornogo ispol'zovaniya otrabotanyh masel v gorno-obogatitel'nyh kombinatah AK «Alrosa». [Rank possible reuse of waste oils in the mining enterprises «Alrosa» (JSC)]. Ecology and Industry of Russia, 2013. № 4. P. 46-51.

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

Ярмович Ярослав Владимирович. (Россия, г. Омск) – аспирант ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: nimlor87@gmail.com).

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)

Yarmovich Yaroslav Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – graduate student of The Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI) (644080 Omsk, Mira 5, e-mail: nimlor87@gmail.com).

УДК 621.83.061

УПРАВЛЯЕМАЯ ЗУБЧАТАЯ СТУПЕНЬ КРАНОВОГО РЕДУКТОРА

Ю.В. Ремизович, О.В. Абдулаева
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. В данной статье предложена конструкция зубчатой ступени кранового редуктора, снабженная муфтой и механизмом включения и предназначенная для передачи значительных (>10 кНм) вращающихся моментов. Встроенная в колесо муфта содержит два ряда конических роликов, клиновую пару, приводимую в действие шаговым электродвигателем через шарико-винтовую передачу. Даны рекомендации по расчету.

Ключевые слова: редуктор, зубчатая пара, муфта, конические ролики, клиновой механизм.

ВВЕДЕНИЕ

Во всех крановых механизмах для увеличения вращающего момента используют зубчатые редукторы с постоянным передаточным числом. Для управления скоростями рабочих операций (подъем-опускание груза, перемещение крана, тележки) используют тиристорный электропривод, что сопровождается потерями электроэнергии.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

В транспортных средствах (ТС) используют коробки перемены передач (КПП), в том числе, автоматические (АКПП). КПП содержат зубчатые пары и представляют собой редуктор с переменным передаточным числом. Для переключения передач, в том числе, планетарных, используют двухкаскадную электрогидравлическую систему с исполнительными гидроцилиндрами кольцевого типа. На каждой из передач используют различное сочетание трех фрикционных элементов: два тормоза и муфта, две муфты и тормоз и т.д. [1,2]. В автомобильных АКПП используют обгонную муфту одностороннего действия с цилиндрическими роликами.

В СибАДИ ведутся исследования по разработке способов управления скоростями рабочих операций крана методами механики с использованием промышленного электропривода, т.е. по разработке редуктора с переменным передаточным числом [3,4].

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ

На рис. 1 изображена схема управляемой зубчатой пары (ступени) редуктора, включающей шлицевой вал 1, шестерню 2, зубчатое колесо 3. Колесо 3 составное и содержит (см. рис. 2) ступицу 3 и обод 4.

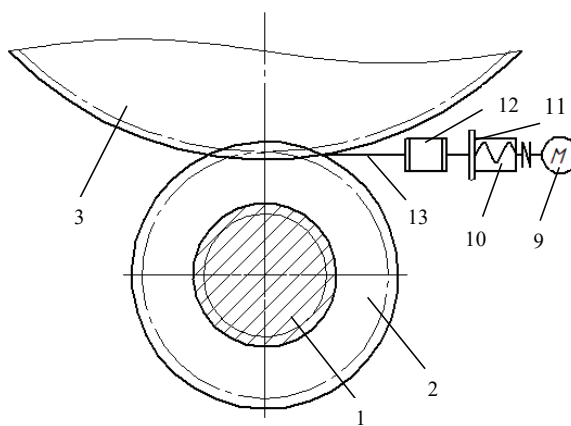


Рис. 1. Схема зубчатой ступени редуктора

Выступ 5 ограничивает смещение колеса 3. Между ступицей 3 и ободом 4 помещены конические ролики 6, удерживаемые дисками 7, 8. Таким образом, колесо 3 содержит двойной комплект деталей 4, 6, 7, 8. Привод механизма управления содержит (см. рис. 1) шаговый электродвигатель (ШД) 9, шарико-винтовую передачу (ШВП) 10, закрепленную в стенке 11 редуктора. ШВП 10 через муфту 12 соединена с тягой 13, которая соединена с пластиной 14. На пластине 14 закреплены клиновые вставки 15, каждая из которых взаимодействует с дисками 8. Диски 16 препятствуют смещению ободов 4. В целом, комплект деталей 3, 4, 6, 7, 8 зафиксирован гайкой 17. Резьба выполнена на наружной поверхности шлицев вала 1.

На рис. 3 представлена схема клиновой вставки с указанием существенных размеров и сил, действующих в клиновом механизме [5,6].

Взаимодействие деталей передачи будет следующим. Положение «выключено»: вращаются вал 1, шестерня 2, ступица 3. Детали 4, 6,

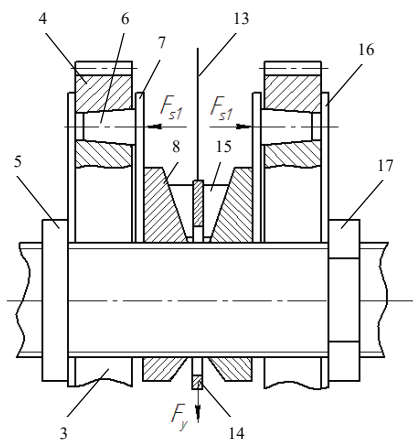


Рис. 2. Схема механизма управления

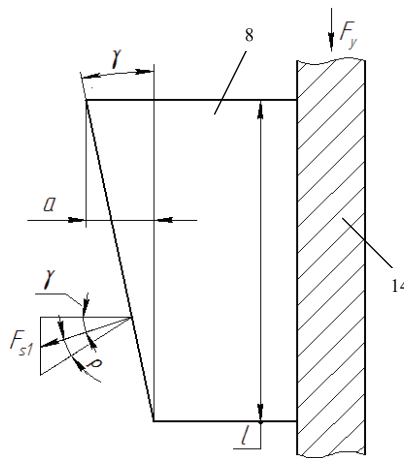


Рис. 3. Схема клиновой вставки

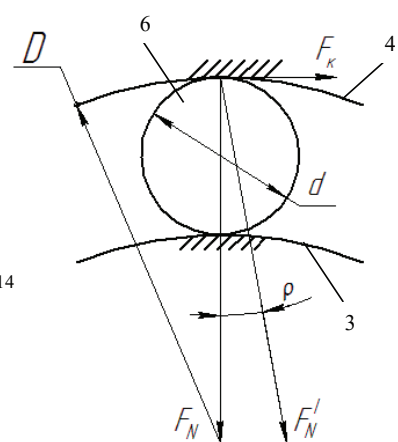


Рис. 4. Схема сил, действующих на заклиненный ролик

7, 8, 15 неподвижны, т.к. между ними есть зазор 0,5...1,0 мм и, кроме того, детали 7, 8 имеют посадку с зазором относительно наружной поверхности вала 1. В работе [1] отмечено, что диски муфт в известных КПП при зазоре порядка 0,5 мм вращаются (муфту «ведет»), на что затрачивается мощность [2].

При включении ШД 9 ШВП 10 преобразует вращательное движение в поступательное, которое через муфту 12, тягу 13 передается на пластину 14, что приводит к срабатыванию клинового механизма: вставки 15 воздействуют на диски 7 и 8, вызывая их смещение в осевом направлении. При этом диски 7 нажимают на ролики 6, вызывая их заклинивание. Ступень приходит в положение «включено», т.е. обод 4 вращается, передавая момент с вала 1 на вал (не обозначен) колеса 3.

Передачи, рассмотренные в статье [3] работоспособны при шевронном зацеплении зубчатых колес. Предлагаемая передача работоспособна при прямозубом зацеплении, которое более технологично, чем шевронное.

При любом из указанных типов зацеплений в них возникают силы: радиальная F_r и окружная F_t [7]. Во встроенной муфте (см. рис. 4) возникают силы: касательная F_k и радиальная F_N [8]. Равнодействующая указанных сил будет сила F_S , приложенная к роликам в осевом направлении. Определять силу F_S рекомендуют по формуле

$$F_S = 1,245 \operatorname{tg} \alpha F_r,$$

где α – угол наклона роликов относительно линии действия силы F_r .

Следовательно, для замыкания муфты к роликам должна быть приложена сила F_{S1} (см. рис. 2), большая F_S и противоположно направленная.

В двухсоставном клиновом механизме (см. рис. 3), используемом для замыкания муфт, силу F_{S1} можно определить по формуле [5,6].

$$F_{S1} = F_y [2 \operatorname{tg}(\gamma + \rho)],$$

где F_y – сила, развиваемая устройством управления; $\operatorname{tg} \gamma = a/l$ (см. рис. 3); ρ – угол трения, град., при этом, $\rho = \operatorname{arctg} f$, где f – коэффициент трения.

При угле $\gamma \approx 30^\circ$ и $f = 0,05$ клиновой механизм дает значительное увеличение управляющего воздействия.

ВЫВОДЫ

Предложена и обоснована конструкция управляемой зубчатой ступени редуктора. С использованием в редукторе 2...3 управляемых передач можно получить редуктор с диапазоном передаточных чисел от 30 до 100, обеспечивая при этом плавное увеличение скоростей рабочих операций от 0,5 до 1,5 м/с. Расчет зубчатых передач в таком редукторе и роликовой муфты можно выполнять по

известным стандартным методикам с экспериментальным уточнением некоторых коэффициентов. Раздвоение тихоходной ступени редуктора существенно увеличит его мощностные возможности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Румянцев, Л.А. Устройства управления планетарной коробкой перемены передач / Л.А. Румянцев // Строительные и дорожные машины. 2014. № 11. С. 31 – 35.

2. Кириллов, А.А. Экспериментальное исследование потерь мощности в выключенных фрикционных механизмах КПП трактора / А.А. Кириллов, М.С. Карпов // Строительные и дорожные машины. – 2016. – № 8. – С. 7 – 12.

3. Ремизович Ю.В. Результаты совершенствования редуктора крановых механизмов / Ю.В. Ремизович // Вестник СибАДИ. – 2016. – № 1 (47). – С. 14 – 17.

4. Пат. 160353 Российская Федерация, МПК В66С 13/04, F16Н 1/06. Механизм плавного пуска / Ремизович Ю.В., Ерёмкина С.В., Курбацкая О.В., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «СибАДИ». – № 2015120153/02 заявл. 27.05.2015; опубл. 20.03.2016, Бюл. № 8.

5. Справочник машиностроителя : в 6 тт. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Mashgiz, 1956. Т. 4 / ред. Н.С. Ачеркан. – 1956. – 851 с.

6. Крайнев, А.Ф. Механика от греческого *mechanike (techne)* – искусство построения машин : фундаментальный словарь / А.Ф. Крайнев. – 2-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 2001. – 903 с.

7. Приводы машин : справочник / В.В. Длоугий, Т.И. Муха, А.П. Цупиков, Б.В. Януш ; под общ. ред. В.В. Длоугого. – 2-е изд. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1988. – 383 с.

8. Добровольский, В.А. Детали машин /

В.А. Добровольский [и др.]. – М. : Mashgiz, 1959. – 581 с.

REFERENCES

1. Rumyantsev L.A. The control Device, planetary gearbox changes gear // Construction and road machines. 2014. №. 11. Page 31 – 35.

2. Kirillov A.A., Karpov M.S. Pilot study of losses of power in the switched-off frictional mechanisms of the check point of the tractor// Construction and road cars. 2016. №. 8. Page 7 – 12.

3. Remizovich Y.V. Results of improvement of the reducer crane mechanisms // Vestnik SibADI. – № 1 (47) 2016. – Page 14 – 17.

4. Patent 160353 Russian Federation, МПК В66С 13/04, F16Н 1/06. Mechanism of smooth start-up / Remizovich Y.V., Eryomina S.V., Kurbatskaya O.V., applicant and patentee FGBOU VPO of «SIBADI». – № 2015120153/02 it is declared 27.05.2015; it is published 20.03.2016, Bulletin № 8.

5. Reference book of the mechanician: in 6 t. – 2nd prod., it is corrected and additional – М.: Mashgiz, 1956. Т. 4 / edition N.S. Acherkan. – 1956. – 851 pages.

6. Kraynev A.F. Mechanics from the Greek *mechanike (techne)* – art of creation of cars: fundamental dictionary / A.F. Kraynev. – 2nd prod., it is corrected. – М.: Mechanical engineering, 2001. – 903 pages.

7. Drives of machines: Reference book / V.V. Dlougy, T.I. Mucha, A.P. Tupikov, B.V. Janusz B.; ed. by V.V. Dlougy. – 2nd. ed. – Leningrad: Mashinostroenie, Leningrad. -DEP, 1988. – 383 pages.

8. Dobrovolsky V.A. Details of cars / V.A. Dobrovolsky [etc.]. М.: Mashgiz, 1959. – 581 pages.

THE OPERATED GEAR STEP OF THE CRANE REDUCER

Abstract. In this article the design of a gear step of a crane reducer supplied with the coupling and the mechanism of inclusion and intended for transfer considerable (>10 kNm) the rotating moments is offered. The coupling which is built in a wheel contains two rows of conic rollers, the maple couple put in action by the step electric motor via the ball screw gear. Recommendations about calculation are made.

Keywords: reducer, gear couple, coupling, conic rollers, maple mechanism.

Ремизович Юрий Владимирович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: remizovich_uv@sibadi.org).

Абдулаева Ольга Владимировна (Россия,

г. Омск) – кандидат технических наук, преподаватель кафедры «Подъемно-транспортные, тяговые машины и гидропривод», ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, ул. Мира, 5, e-mail: abdulaeva_ov@mail.ru).

Remizovich Yury Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical

sciences, the associate professor "Hoisting-and-transport, traction cars and a hydraulic actuator", the Siberian state automobile and highway academy "SibADI" (644080, Omsk, Mira St., 5, e-mail: remizovich_uv@sibadi.org).

Abdulaeva Olga Vladimirovna (Russian

Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the teacher "Hoisting-and-transport, traction cars and hydraulic actuator", the Siberian state automobile and highway academy "SibADI" (644080, Omsk, Mira St., 5, e-mail: abdulaeva_ov@mail.ru).

.....

УДК.629.084

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННЫХ КАТКОВ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ

*С. В. Савельев, И. К. Потеряев, Г. Г. Бурый, А. С. Белодед
ФГБОУ ВО «СИБАДИ», Россия, г. Омск*

Аннотация. *В данной статье исследованы частоты колебаний вибровозбудителя при уплотнении грунтовых насыпей, рекомендованные для вибрационных катков ОАО «Раскат». Представлена методика обоснования режимных параметров вибрационных катков для уплотнения грунтов. Предложена программа, позволяющая автоматизировать процесс выбора режимов работы для конкретной модели вибрационного катка при уплотнении различных типов грунтов. Проведенные исследования позволят повысить производительность и эффективность использования вибрационных катков для уплотнения грунтов.*

Ключевые слова: *уплотнение, вибрационный каток, грунт, режимные параметры, виброускорения.*

ВВЕДЕНИЕ

Рассматривая вопрос обоснования параметров дорожных катков необходимо отметить, что правильный их выбор напрямую влияет на эффективность процесса уплотнения дорожно-строительных материалов. При этом в зависимости от различных свойств уплотняемого материала необходимо использовать либо различные конструкции катков, что существенно удорожает строительство автодороги, либо правильно подбирать режимы работы катка, что так же вызывает дополнительные сложности. Режимные параметры взаимосвязаны между собой, при их выборе необходимо учитывать изменяемые в процессе деформации свойства материала, отслеживать обратную связь от обрабатываемой среды к дорожному катку [1, 2, 3]. Для вибрационных катков этот вопрос стоит ещё более остро, поскольку необходимо увязывать параметры вибрации (частота колебаний, вынуждающая сила, амплитуда колебаний) со статическими параметрами катка

(масса, геометрические размеры), правильно выбирать скоростной режим и количество проходов катка по одному следу. Решение этой проблемы позволит интенсифицировать процесс уплотнения, повысить энергоэффективность и производительность вибрационных катков.

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИОННЫХ КАТКОВ

Одним из основных параметров, влияющих на эффективность уплотнения грунтовых сред, является частота колебаний вибровозбудителя. Большинство производителей уплотняющей техники назначают её, либо на основании рекомендаций СНиПов, либо по результатам эмпирических испытаний для различных уплотняемых сред. Рассмотрим частоты колебаний вибровозбудителя при уплотнении грунтовых насыпей (таблица 1), рекомендованные для вибрационных катков ведущего производителя уплотняющей техники ОАО «Раскат».

**ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ВИБРОВОЗБУДИТЕЛЯ,
РЕКОМЕНДОВАННЫЕ ДЛЯ САМОХОДНЫХ ВИБРАЦИОННЫХ КАТКОВ
(НА ПРИМЕРЕ КАТКОВ ОАО «РАСКАТ»)**

Марка катка	Эксплуатационная масса катка, кг	Тип грунта	Частота вращения вала вибровозбудителя, Гц
1	2	3	4
ДУ-98	11500	Связный	42
ДУ-98	11500	Несвязный	50
			50
ДУ-99	10500	Связный	35
		Несвязный	40
			50
RV-11DT	11000	Связный	30
		Несвязный	35
			40
RV-13DT	13000	Связный	30
		Несвязный	34
			43
RV-15DT	15000	Связный	30
		Несвязный	30
			40
RV-7,0DD	7500	Связный	40
		Несвязный	45
			57
RV-9,0DD	9000	Связный	35
		Несвязный	40
			50
RV-11,0DD	11000	Связный	30
		Несвязный	35

1. Задавая частотой колебаний вибровозбудителя можно определить вынуждающую силу вибровозбудителя

$$P = 39,4 \cdot m_d \cdot r_d \cdot f^2, \quad (1)$$

где – масса дебаланса, кг; – радиус вращения центра тяжести дебаланса, м; – частота колебаний вибровозбудителя, Гц [4].

2. Рабочая скорость дорожного катка определяется из условия соответствия времени приложения нагрузки к уплотняемой среде, обеспечивающего развитие полных пластических деформаций среды под вальцом в течение текущего прохода катка [4]. Скорость должна быть напрямую увязана с частотой колебаний и длиной дуги контакта вальца с грунтом. Длина дуги контакта характеризуется геометрическими размерами вальца, таким образом, что с учётом скорости передвижения катка, уплотняемый грунт должен испытать требуемое количество циклов виброколебаний [4].

$$v = \frac{60 \cdot d \cdot n_{\text{пр}} \cdot f}{n_{\text{ц}}}, \quad (2)$$

где d – длина дуги пятна контакта вальца с грунтом, м; $n_{\text{пр}}$ – требуемое число циклов нагрузки при уплотнении (для связного грунта 20000; для несвязного – 5000); f – число проходов катка; $n_{\text{ц}}$ – частота колебаний вибровозбудителя, Гц;

$$d = 2 \cdot R \cdot \arcsin \left(2 \sqrt{\frac{k_{\text{пр}} \cdot (P + 9,81 \cdot m_2)}{B \cdot R \cdot E}} \right), \quad (3)$$

где m_2 – масса катка, приходящаяся на валец, кг; B – ширина вальца катка, м; E – вынуждающая сила вибровозбудителя, Н; R – радиус вальца, м; $k_{\text{пр}}$ – модуль деформации грунта, Па; α – коэффициент превышения от совместного действия вибрации и статической силы [4, 5].

Исследования Н. Я. Хархуты, С. С. Вялова, В. Т. Трофимова [4, 6, 7], позволили получить регрессионные зависимости изменения модуля деформации связного (4) и несвязного (5) грунтов от стадии процесса уплотнения (величины текущей плотности).

$$E = \left(743 \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_{\text{max}}} \right)^2 - 1279 \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_{\text{max}}} \right) + 560 \right) \cdot E', \quad (4)$$

$$E = \left(864 \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_{\text{max}}} \right)^2 - 1498 \cdot \left(\frac{\rho}{\rho_{\text{max}}} \right) + 653 \right) \cdot E', \quad (5)$$

где ρ – плотность грунта, кг/м³; ρ_{max} – максимальная стандартная плотность грунта, кг/м³; E' – единичное значение модуля деформации, МПа.

$$k_{\text{пр}} = -0,018 \cdot \left(\frac{P}{m_2 \cdot a'} \right) + 5,18, \quad (6)$$

где a' – единичное значение виброускорения (=1 м/с²);

3. Основным условием протекания процесса уплотнения является условие [1]

$$\sigma_{\text{T}}(t_i) < \sigma(t_i) < \sigma_{\text{пр}}(t_i), \quad (7)$$

где σ_{T} – предел текучести уплотняемого материала, Па; σ – контактные напряжения, Па; $\sigma_{\text{пр}}$ – предел прочности уплотняемого материала, Па; t_i – i -й момент времени, с.

4. Толщина уплотняемого слоя грунта с учётом зоны активного действия вибрации для связного (8) и несвязного (9) грунта определится по результатам исследований затухания виброколебаний в грунтовой среде [8, 9, 10]:

$$h = h' \cdot \frac{\rho_{\text{к}}}{\rho} \cdot \log_{k_3} \left(\frac{50,2 \cdot \frac{\sigma_{\text{к}}}{\sigma'} \cdot k_y \cdot a' + 13,3 \cdot k_y \cdot a' - 35,2 \cdot \frac{\sigma_{\text{к}}}{\sigma'} \cdot a' - 9,3 \cdot a'}{\left(-0,018 \cdot \left(\frac{P}{m_2} \right)^2 + 5 \cdot \frac{P}{m_2} + 50,8 \cdot a' \right) \cdot \left(0,86 - 1,3 \cdot k_y + 1,44 \cdot \frac{\sigma_{\text{к}}}{\sigma'} \right)} \right); \quad (8)$$

$$h = h' \cdot \frac{\rho_{\text{к}}}{\rho} \cdot \log_{k_3} \left(\frac{27,4 \cdot \frac{\sigma_{\text{к}}}{\sigma'} \cdot k_y \cdot a' + 8,1 \cdot k_y \cdot a' - 19,5 \cdot \frac{\sigma_{\text{к}}}{\sigma'} \cdot a' - 5,6 \cdot a'}{\left(-0,018 \cdot \left(\frac{P}{m_2} \right)^2 + 5 \cdot \frac{P}{m_2} + 50,8 \cdot a' \right) \cdot \left(3,3 - 4,1 \cdot k_y + 2,3 \cdot \frac{\sigma_{\text{к}}}{\sigma'} \right)} \right), \quad (9)$$

где $\rho_{\text{к}}$ – конечная плотность грунта, кг/м³; k_3 – коэффициент, учитывающий понижение значений виброускорений по толщине грунта; k_y – коэффициент уплотнения; σ – напряжение на пятне контакта вальца с грунтом на конечной стадии уплотнения, МПа; $\sigma_{\text{к}}$ – единичное значение напряжения

(1 МПа); – единичное значение толщины (1 м); – вынуждающая сила вибровозбудителя, Н [10].

Коэффициент, учитывающий затухание виброускорений по толщине связанного (10) и несвязанного (11) грунта, определится по эмпирическим зависимостям:

$$k_3 = 0,073 - 0,077 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho_{max}}\right) + 0,0065 \cdot \frac{\sigma_k}{\sigma'}; \quad (10)$$

$$k_3 = 0,08 - 0,086 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho_{max}}\right) + 0,014 \cdot \frac{\sigma_k}{\sigma'}. \quad (11)$$

Контактные напряжения определяются по зависимости [4]

$$\sigma = k_{пр} \cdot \frac{P + 9,81 \cdot m_2}{B \cdot d}. \quad (12)$$

Предел прочности для связного (13) и несвязного (14) грунтов от стадии процесса уплотнения (величины текущей плотности), определяться по регрессионным зависимостям, выведенным из исследований Н. Я. Хархуты, С. С. Вялова, В. Т. Трофимова [4, 6, 7, 11]:

$$\sigma_k = \left(1,66 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho_{max}}\right)^{8,2245}\right) \cdot \sigma'; \quad (13)$$

$$\sigma_{пр} = \left(0,8756 \cdot \left(\frac{\rho_k}{\rho_{max}}\right)^{9,6672}\right) \cdot \sigma', \quad (14)$$

где σ' – единичное значение напряжения ($\sigma' = 1$ МПа). Коэффициент детерминации составил $R^2=0,98$.

Эффективность представленного подхода к выбору параметров виброкатков и адекватность предложенной методики, подтверждены проведением экспериментальных исследований на лабораторной базе ФГБОУ ВО «СибАДИ» и в производственных условиях при реконструкции земляного полотна автодороги Р – 404 «Тюмень–Тобольск».

Основным условием эффективности процесса уплотнения при выборе режимных параметров вибрационных катков являются значения напряжений на пятне контакта вальца с грунтом. Они не должны превышать предел прочности уплотняемого грунта. Значения рациональной частоты колебаний вибровозбудителя, в нашем случае, лежали в диапазоне от 30 до 60 Гц. Комплексное условия для обосно-

вания рациональных режимных параметров выражается системой неравенств (15):

$$\begin{cases} a_1, f_k \rightarrow \max; \\ \sigma < \sigma_{пр}; \\ \sigma_k < \sigma_{пр2}; \\ d < R; \\ d_k < R. \end{cases} \quad (15)$$

Для облегчения процесса расчёта была составлена блок-схема алгоритма расчета режимных параметров и разработана программа, позволяющая автоматизировать процесс выбора режимов работы для конкретной модели катка при уплотнении того или иного типа грунтов. Интерфейс программы представлен на рисунке 1 [12]. В качестве программного инструмента использовался продукт Microsoft Visual Basic.

Марка катка	Намм 3518
Начальная плотность грунта, кг/м³	1600
Требуемая плотность грунта, кг/м³	1900
Максимальная стандартная плотность грунта, кг/м	1900
Число проходов катка	8
Тип грунта	связный
Ввод	Расчет
Частота колебаний вибровозбудителя, Гц для уплотнения грунта начальной плотности	30
Частота колебаний вибровозбудителя, Гц для уплотнения грунта требуемой плотности	30
Выходные данные	Ввод
Параметры катка	
Вынуждающая сила вибровозбудителя, Н	243000
Рабочая скорость катка, км/ч	1.9
Толщина уплотняемого слоя грунта, м	0.45
Масса уплотняемого грунта, кг	1827
Виброускорения массы уплотняемого грунта, м/с²	21.2

Рис. 1. Реализация методики обоснования режимных параметров вибрационных катков в программном продукте Microsoft Visual Basic

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В таблице 2 представлены значения рекомендуемых параметров катка Намм 3518.

Применение результатов проведенных исследований позволит повысить производительность и эффективность использования вибрационных катков.

РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ КАТКА

Параметры	Грунт	k_y	f , Гц	m_1 , кг	h , м	P , кН	v , м/с
Значения	Связный	1,0	30	2230	0,5	243	0,5

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технологические машины и комплексы в дорожном строительстве (производственная и техническая эксплуатация) : учебное пособие для вузов / В. Б. Пермяков, В. И. Иванов, С. В. Мельник и др. / под. ред. В. Б. Пермякова. – М.: «ИД «БАСТЕТ», 2014. – 752 с.
2. Тюремнов, И. С. Обзор рекомендаций производителей по использованию вибрационных катков для уплотнения грунта / И. С. Тюремнов, И. С. Филатов, А. А. Игнатьев // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2014. – № 2 (33). – С. 155-162.
3. Савельев, С.В. Техническая эксплуатация строительной и нефтегазовой техники : учебное пособие / С. В. Савельев, И. К. Потеряев. – Омск : СибАДИ, 2016. – 234 с.
4. Хархута, Н. Я. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог / Н. Я. Хархута, Ю.М. Васильев. – М. : Транспорт, 1975. – 288 с.
5. Пиковский, Я. М. Дорожные машины и оборудование. Машины и заводы для постройки дорожных покрытий : учебник для вузов / Я. М. Пиковский; под. ред. Я. М. Пиковского. – М. : Машгиз, 1960. – 604 с.
6. Вялов, С. С. Реологические основы механики грунтов : учебное пособие / С. С. Вялов. – М.: Высшая школа, 1978. – 447 с.
7. Трофимов, В. Т. Грунтоведение / В.Т. Трофимов и др.; ред. В.Т. Трофимов. – 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 1024 с.
8. Баркан, Д. Д. Устройство оснований сооружений с применением вибрирования / Д. Д. Баркан. – М.: Издательство министерства строительства предприятий машиностроения, 1949. – 121 с.
9. Костельов, М. П. Возможность и эффективность уплотнения виброкатками грунтов различного типа и состояния / М. П. Костельов // Каталог-справочник «Дорожная техника и технологии». – 2004. – С. 72-82.
10. Савельев, С. В. Применение алгоритма определения параметров вибрационных катков с учетом массы уплотняемого грунта в зоне активного действия вибрации / С.В. Савельев, Г.Г. Бурый, И.К. Потеряев // Вестник СибАДИ. – 2015. – №6. – С. 32 – 37.
11. Уплотнение грунтов обратных засыпок в стесненных условиях строительства / Госстрой СССР. Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт организации, механизации и технической помощи строительству. – М. : Стройиздат, 1981. – 220 с.
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014661770. Обоснование режимных параметров вибрационных катков с учетом массы уплотняемого грунта в зоне активного действия вибрации // Савельев С. В., Бурый Г. Г. Организация-разработчик: Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ). Дата регистрации: 12.11.2014.

METHOD OF JUSTIFICATION OF OPERATIONAL PARAMETERS OF VIBRATING ROLLERS FOR COMPACTION

Annotation. This article investigated the frequency of the oscillation exciter during compaction of soil embankments recommended for vibratory rollers «Raskat». The technique justification regime parameters of vibrating rollers for soil compaction. A program to automate the process of the operation mode for a particular model of vibratory roller with compaction of different soil types. The research will improve the performance and efficiency of the use of vibratory rollers for soil compaction.

Keywords: sealing, vibratory roller, soil, operating parameters, acceleration.

REFERENCES

1. Permjakov V. B., Ivanov V. I., Mel'nik S. V. Tehnologicheskie mashiny i kompleksy v dorozhnom stroitel'stve (proizvodstvennaja i tehničeskaja jekspluacija) [Technological machines and systems in road construction (production and technical maintenance)]. Moscow, «ID «BASTET», 2014. 752 p.
2. Tjurenov I. S., Filatov I. S., Ignat'ev A. A. Obzor rekomendacij proizvoditelej po ispol'zovaniju vibracionnyh katkov dlja uplotnenija grunta [Review the manufacturer's recommendations on the use of vibratory rollers for compacting soil]. Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2014, no 2, pp. 155-162.
3. Savel'ev S. V., Poterjaev I. K. Tehničeskaja jekspluacija stroitel'noj i neftegazovoj tehniki [Technical operation of the construction and oil and gas equipment]. Omsk, SibADI, 2016. 234 p.
4. Harhuta N. J., Vasil'ev J.M. Pročnost', us-tojčivost' i uplotnenie gruntov zemljanogo polotna avtomobil'nyh dorog [The strength, stability and compaction of soil subgrade of highways]. Moscow, Transport, 1975. 288 p.
5. Pikovskij J. M. Dorozhnye mashiny i oborudovanie. Mashiny i zavody dlja postrojki dorozhnyh pokrytij [Road machines and equipment. Machines and plants for the construction of pavements]. Moscow, Mashgiz, 1960. 604 p.
6. Vjalov S. S. Reologičeskie osnovy mehaniki gruntov [Rheological basics of soil mechanics]. Moscow, Vysshaja škola, 1978. 447 p.
7. Trofimov V. T. Gruntovedenie [Soil]. Moscow, MGU, 2005. 1024 p.
8. Barkan D. D. Ustrojstvo osnovanij sooruzhenij s primeneniem vibrirovanija [Arrangement of the bases structures using vibration]. Moscow, Izdatel'stvo ministerstva stroitel'stva predpriyatij mashinostroenija, 1949. 121 p.
9. Kostel'ov M. P. Vozmožnost' i jeffektivnost' uplotnenija vibrokatkami gruntov različnogo tipa i sostojanija [The possibility and effectiveness of soil compaction vibratory rollers of different type and status]. Katalog-spravočnik «Dorozhnaja tehnika i tehnologij», 2004, pp. 72-82.
10. Savel'ev S. V., Buryj G. G., Poterjaev I. K. Primenenie algoritma opredelenija parametrov vibracionnyh katkov s učetom massy uplotnjaemogo grunta v zone aktivnogo dejstvija vibracii [The use of the algorithm for determining the parameters of vibrating rollers, taking into account the mass of compacted soil in the zone of active vibration action]. Vestnik SibADI, 2015, no 6, pp. 32-37.
11. Uplotnenie gruntov obratnyh zasypok v stesnennyh uslovijah stroitel'stva / Gosstroj SSSR. Central'nyj naučno-issledovatel'skij i proektno-jeksperimental'nyj institut organizacii, mehanizacii i tehničeskoj pomoshhi stroitel'stvu [Soil compaction reverse fillings in the cramped conditions of construction / USSR State Building. Central Research and Design Experimental Institute of the organization, mechanization and technical assistance to build]. Moscow, Strojizdat, 1981. 220 p.
12. Savel'ev S. V., Buryj G. G. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlja JeVM №2014661770. Obosnovanie rezhimnyh parametrov vibracionnyh katkov s učetom massy uplotnjaemogo grunta v zone aktivnogo dejstvija vibracii [Certificate of state registration of the computer №2014661770. Justification of regime parameters of vibrating rollers, taking into account the mass of compacted soil in the zone of active vibration action]. Certificate RF, no 2014661770, 2014.

Савельев Сергей Валерьевич (Омск, Россия) – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: saveliev_sergval@mail.ru).

Потеряев Илья Константинович (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: poteryaev_ik@mail.ru).

Бурый Григорий Геннадьевич (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили, конструкционные материалы и технологии» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: buryy1989@bk.ru).

Белодед Александр Сергеевич (Омск, Россия) – магистрант кафедры «Эксплуатация и сервис транспортно-технологических машин и комплексов в строительстве» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sashabeloded123@gmail.com).

Sergey V. Saveliev (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Sciences, Ass. Professor, Department of Operation and service of transport-technological machines and systems in construction, Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Russian Federation, Omsk, Mira, 5, e-mail: saveliev_sergval@mail.ru).

Ilya K. Poteryaev (Omsk, Russian Federation) – Candidate of Engineering Sciences, Ass. Professor, Department of Operation and service of transport-technological machines and systems in construction, Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Russian Federation, Omsk, Mira, 5, e-mail: poteryaev_ik@mail.ru).

Grigoriy G. Buriy (Omsk, Russian Federation) – Candidate of Engineering Sciences, Ass.

Professor, Department of Operation and repair of automobiles, Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Russian Federation, Omsk, Mira, 5, e-mail: buryy1989@bk.ru).

Aleksandr S. Beloded (Omsk, Russian Federation) – Magistrant, Department of Operation and service of transport-technological machines and systems in construction, Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Russian Federation, Omsk, Mira, 5, e-mail: sashabeloded123@gmail.com).



УДК 621.22.011

КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ И ОСНОВЫ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА ГИДРОУДАРНОГО УСТРОЙСТВА

*И.А. Семенова
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск*

Аннотация. *В данной статье представлены результаты работы по исследованию и определению коэффициента полезного действия гидроударного устройства, применяемого в качестве сменного рабочего органа экскаваторов. Предложены зависимости для определения коэффициента полезного действия гидроударного устройства, а также формулы для определения количества теплоты, выделенного и отведенного при работе гидроударного устройства. В статье приведены зависимости основных параметров гидроударных устройств в зависимости от свойств разрабатываемого грунта и параметров базовой машины.*

Ключевые слова: *гидроударное устройство, коэффициент полезного действия, двигатель, экскаватор.*

ВВЕДЕНИЕ

Гидроударные рабочие органы предназначены для разрушения мерзлых и прочных грунтов. Много работ посвящено определению конструктивных и энергетических параметров гидроударников [1,3,4,5,6,8].

Вопросы, посвященные определению КПД гидроударного устройства практически не рассматривались.

ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КПД ГИДРОУДАРНОГО УСТРОЙСТВА И ЕГО ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА.

Как уже было неоднократно сказано, применение гидроударного оборудования расширяет номенклатуру рабочего оборудования экскаватора [1,2,3].

В настоящее время в связи с большими

темпами строительства необходимо эффективно использовать ресурсы.

Гидроударное (гидроимпульсное) устройство – это гидравлический двигатель (гидромашина) с возвратно – поступательным движением рабочего органа (бойка).

КПД гидроударного рабочего органа может определяться как отношение полезной мощности на выходе, к потребляемой мощности на входе в гидродвигатель (в нашем случае гидроударник) [7]:

$$\eta = \frac{N_{\text{ВЫХ}}}{N_{\text{ВХ}}} \quad (1)$$

Полезная мощность гидроударного устройства определяется по формуле как средняя мощность за промежуток времени:

$$N_{\text{ВЫХ}} = \frac{\Delta W_1 + \Delta W_2 + W_3}{\Delta t} \quad (2)$$

где ΔW_1 – энергия, затрачиваемая на разрушение грунта гидроударным устройством (Дж), ΔW_2 – энергия, затрачиваемая гидропневмоаккумулятором, (Дж), ΔW_3 – энергия единичного удара, (Дж), Δt – время удара (с).

Энергия, затрачиваемая на разрушение грунта, зависит от объема разрушенной зоны и определяется по формуле:

$$\Delta W_1 = V_p \int_0^{\varepsilon} \sigma(\varepsilon) d\varepsilon \quad (3)$$

отсюда
$$\int_0^{\varepsilon} \sigma(\varepsilon) d\varepsilon = \frac{1}{2} \sigma \varepsilon$$

где V_p – объем разрушенной зоны грунта (м^3), σ – динамическое напряжение, возникающее в грунте (МПа), ε – относительная деформация грунта (МПа).

Энергия, затрачиваемая на разрушение грунта, также будет зависеть от конструктивных и энергетических возможностей гидроударного устройства, которое в свою очередь может быть выполнено гидравлическим, гидропневматическим, механическим, пневматическим [1,2].

Энергия, затрачиваемая пневмоаккумулятором гидропневматического ударного устройства зависит от его параметров и записывается следующим образом [6]:

$$\Delta W_2 = \frac{p_r v_r}{n-1} \left(\frac{E_r^n - E_r}{E_r^n} \right) = \frac{T_{\text{пог}} b}{\eta_{\text{раз}}} \quad (4)$$

где p_r – давление зарядки пневмоаккумулятора, (МПа), v_r – объем пневмоаккумулятора, (м^3), n – показатель политропы, E_r – модуль упругости, (МПа), $T_{\text{пог}}$ – погонная энергия удара, b – ширина ударника, $\eta_{\text{раз}}$ – КПД разгона гидроударного устройства.

Энергия единичного удара определяется из формулы:

$$\Delta W_3 = mV^2 / 2 \quad (5)$$

Время удара или время рабочего цикла гидроударного устройства из формулы 2 определяется по формуле:

$$\Delta t = \frac{SL}{Q} \quad (6)$$

где S – рабочая площадь гидроударного устройства, (м^2), L – длина рабочего хода, (м), Q – расход рабочей жидкости гидроударного устройства ($\text{м}^3/\text{с}$).

Мощность на входе в гидроударное устройство будет определяться, как и у любой гидромашинной полезной мощностью насоса базовой машины [7]:

$$N_{\text{ВХ}} = \Delta p Q \quad (7)$$

где Δp – номинальное давление гидронасоса базовой машины, (МПа), $Q = q_n$ – действительная подача насоса базовой машины, ($\text{м}^3/\text{с}$).

Тепловой расчет гидроударного устройства необходим для определения температуры рабочей жидкости, объема бака, выяснения необходимости применения специальных теплообменных устройств [5].

Из уравнения теплового баланса:

$$Q_{\text{ВЫД}} = Q_{\text{ОТВ}} \quad (8)$$

где $Q_{\text{ВЫД}}$ – количество выделенного тепла, (кВт), $Q_{\text{ОТВ}}$ – количество отведенного тепла, (кВт).

Количество отводимого тепла определяется по формуле [5]:

$$Q_{\text{ВЫД}} = \frac{\Delta p Q}{\eta_n} (1 - \eta_{\text{ГМ}}) k_b k_d \quad (9)$$

где η_n – полный КПД насоса, k_b – коэффициент продолжительности работы гидроударного устройства, k_d – коэффициент использования номинального давления базовой машины (экскаватора).

Гидромеханический КПД гидропривода гидроударного устройства определяется по формуле

$$\eta_{\text{ГМ}} = \eta_{\text{ГМН}} \eta_{\text{ГМГУ}} \eta_{\text{Г}} \quad (10)$$

где $\eta_{\text{ГМН}}$ – гидромеханический КПД насоса, $\eta_{\text{ГМГУ}}$ – гидромеханический КПД гидроударного устройства, $\eta_{\text{Г}}$ – гидравлический КПД.

На рис. 1 и рис. 2 изображены зависимости основных параметров базовой машины в зависимости от свойств разрабатываемого грунта.

Рабочий объем насоса

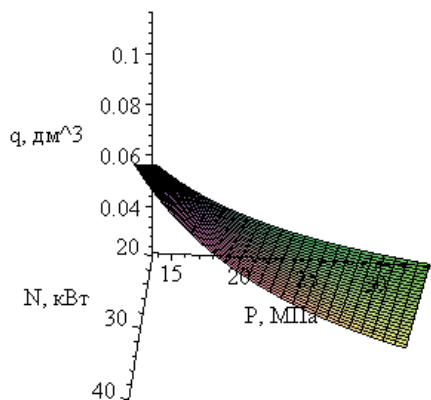


Рис. 1. График зависимости параметров насоса базовой машины в зависимости от полезной мощности гидродарного устройства

Масса подвижных частей

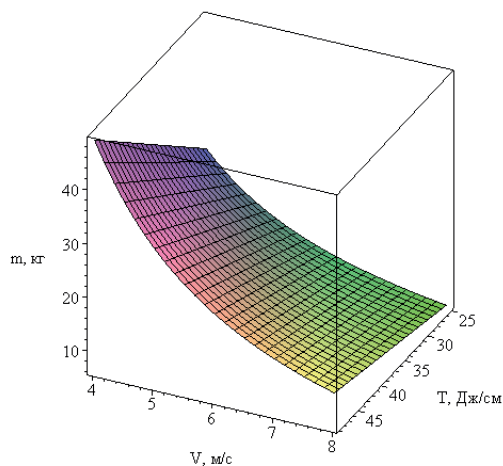


Рис. 3. График зависимости параметров гидродарника (масса, скорость удара) от свойств разрушаемого грунтов (7 категория грунта)

Скорости движения жидкостей в гидролиниях

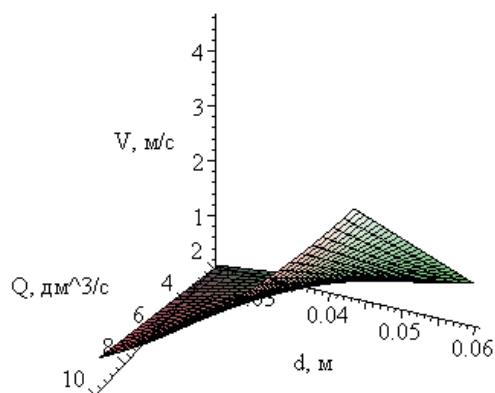


Рис. 2. График зависимости скорости движения жидкости в гидролинии в зависимости от подачи насоса

Определение погонной энергии удара для седьмой категории грунта

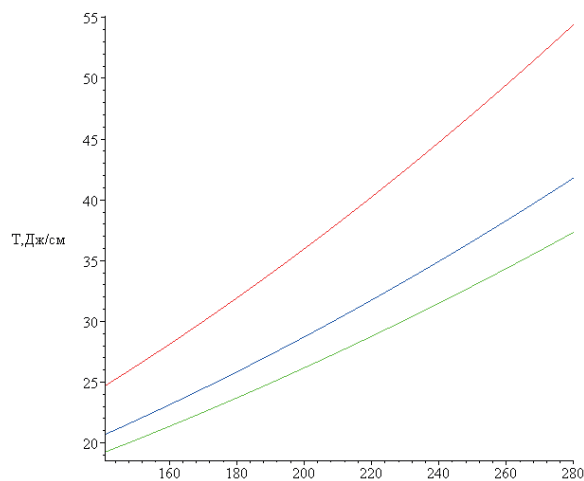


Рис. 4. График зависимости погонной энергии удара T , (Дж) от числа ударов плотномером C (7 категория грунта)

На рис. 3 и 4 изображены зависимости основных параметров гидродарного устройства в зависимости от свойств разрабатываемого грунта.

ВЫВОД

Таким образом, коэффициент полезного действия гидродарного устройства будет зависеть от многих факторов таких как параметры гидродарного устройства, параметры разрабатываемого грунта, параметры базовой машины. Все они во взаимосвязи влияют на коэффициент полезного действия гидродарного устройства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Галдин, Н.С. Рабочее оборудование ударного действия для уплотнения грунта трамбованием [Электронный ресурс]: монография / Н. С. Галдин ; СибАДИ, кафедра ПТТМиГ. – Электрон. дан. – Омск: СибАДИ, 2016. – 1 эл. опт. диск (DVD-ROM). – ISBN 978-5-93204-934-1.

УДК 624.132.3

О ВЛИЯНИИ СКОРОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН НА СИЛУ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА РЕЗАНИЮ

Д.С. Семкин
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск

Аннотация. Рассмотрены процессы, происходящие при скоростном резании грунтов. Установлена зависимость силы сопротивления грунта резанию от скорости взаимодействия с учетом сжимаемости грунта и возникновением силы волнового сопротивления. Приведены аналитические зависимости для расчета составляющих полной силы сопротивления скоростного резания грунта. Проанализирована зависимость удельной энергоемкости процесса резания от скорости и приведены практические рекомендации для выбора рациональной скорости резания.

Ключевые слова: сила сопротивления грунта резанию, скорость резания, сжимаемость грунта, волна сжатия грунта, сила волнового сопротивления, энергоемкость процесса резания, рациональная скорость резания.

ВВЕДЕНИЕ

Грунт является трехфазной дисперсной средой со сложными структурными связями. Особенности строения, а также разнообразие видов грунтов, обладающих различными физическими и физико-механическими свойствами, затрудняет описание процессов, происходящих при взаимодействии его с рабочими органами различного рода.

Тем самым для выбора параметров рабочих органов при проектировании землеройных и других видов машин чрезвычайно важным

является определение сил, возникающих при работе. При современном уровне интенсификации процессов важной задачей становится установление зависимости влияния скорости на силу сопротивления грунта резанию.

Экспериментальные исследования скоростного резания грунтов на маятниковом стенде, проведенные Ю.А. Ветровым [1], а также исследования других ученых, показали, что при увеличении скорости наблюдается значительное возрастание силы сопротивления грунтов резанию.

Согласно Ю.А. Ветрову данное увеличение силы сопротивления резанию не может быть полностью объяснено только силами отбрасывания срезанного грунта (рис. 1) [1].

Остальная часть приращения силы скоростного резания объясняется им предположительно внутренними процессами, протекающими в грунте с конечной скоростью: изменением ориентации частиц и объема пор, а также вытеснением воды из пор, вытеснением и сжатием газовой фазы грунта.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ НА СИЛУ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА РЕЗАНИЮ

Согласно приведенному графику, общая зависимость силы сопротивления резанию от скорости взаимодействия соответствует уравнению

$$y = A + f(x^B), \quad (1)$$

где A – параметр, определяющий статическую силу сопротивления резанию при скорости

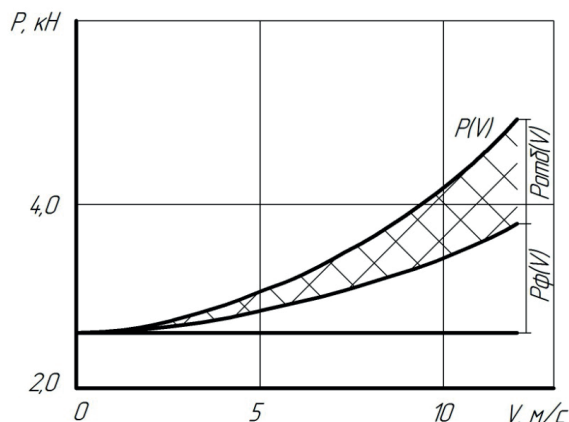


Рис. 1. Сопоставление всей силы сопротивления резанию с частью ее, расходуемой на сообщение движения грунту, отделяемому от массива (заштрихованная часть графика), для серо-зеленой мергелистой глины согласно Ю.А. Ветрову

взаимодействия близкой к нулю; $f(x^B)$ – функция влияния скорости на силу сопротивления грунта резанию.

Статическая составляющая полной силы резания может быть определена с помощью эмпирической теории А.Н. Зеленина [2], теории К.А. Артемьева [3], базирующейся на статике сыпучей среды В.В. Соколовского, методом создания конечно-элементной структуры на основе теории сплошной среды и других.

Рассмотрим функцию влияния скорости на силу сопротивления грунтов резанию. Считаем, что часть силы сопротивления резанию увеличивается в результате изменения кинетической энергии грунта.

Согласно теореме о кинетической энергии материальной точки – работа по изменению кинетической энергии движущегося объекта равна разности кинетических энергий, которыми обладает объект до и после совершения механической работы [1].

Так как изначально грунтовый массив является неподвижным [1]

$$A_{сн} = E, \quad (2)$$

где $A_{сн}$ – работа силы скоростного напора грунтовой среды; E – кинетическая энергия, которой обладает срезанный грунт.

Работа силы скоростного напора грунтовой среды на рабочий орган [1]

$$A = F_{сн} \cdot dL, \quad (3)$$

где $F_{сн}$ – сила скоростного напора грунта; dL – элементарный путь, пройденный рабочим органом.

Кинетическая энергия, которой будет обладать движущийся грунт [1]

$$E = \frac{M_{гр} \cdot V^2}{2} = \frac{S \cdot \rho \cdot dL \cdot V^2}{2}, \quad (4)$$

где $M_{гр}$ – масса срезанного грунта на пути dL ; V – скорость резания; S – площадь срезаемой стружки; ρ – плотность грунта.

Таким образом, с учетом равенства (2), давление и сила скоростного напора грунта соответственно

$$P_{сн} = \rho \cdot \frac{V^2}{2}; \quad (5)$$

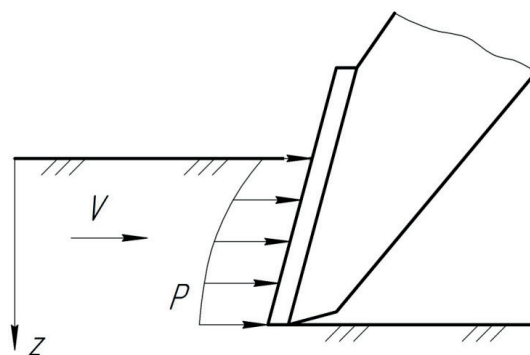


Рис. 2. Давление грунтового потока на рабочий орган

$$F_{сн} = S \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2}. \quad (6)$$

Полученная зависимость (5) показывает дополнительное давление, оказываемое на рабочий орган кроме статического, в результате придания грунту скорости, в данном случае равной скорости движения рабочего органа или в случае рассмотрения движения на рабочий орган грунтового потока полное его торможение.

При рассмотрении процессов, происходящих при скоростном взаимодействии, требуется также учитывать сжимаемость грунтовой среды. Так как процесс сжатия, согласно первому закону термодинамики, требует дополнительных затрат энергии.

Так как грунт имеет невысокие значения теплопроводности, а взаимодействие рабочих органов с грунтом является скоростным (т.е. быстротекающим в выделенном малом объеме), то с достаточной долей достоверности можно считать процесс взаимодействия адиабатическим.

При ударном и виброударном воздействии на грунтовый массив, по всей видимости, следует учитывать возникновение ударных волн с образованием, так называемых скачков уплотнения и появлением участков с различной энтропией. Однако для рабочих органов безударного действия подобные скорости взаимодействия являются практически недостижимыми.

Поэтому процесс взаимодействия рабочих органов с грунтовой средой можно считать изоэнтропическим адиабатным.

Согласно уравнению, характеризующему сохранение энергии вдоль линии тока несжимаемого грунтового потока, надвигающегося

на рабочий орган, полная энергия потока равна (рис. 2) [6]

$$g \cdot z + \frac{V^2}{2} + \frac{P_{ст}}{\rho} = \text{const}, \quad (7)$$

где g – ускорение свободного падения; z – высота относительно начала координат; V – скорость грунтового потока, надвигающегося на рабочий орган; $P_{ст}$ – статическое давление грунтовой среды на рабочий орган при скорости взаимодействия близкой к нулю.

Так как потенциальная энергия давления столба грунта учитывается при определении $P_{ст}$ с помощью теорий статики, то ее можно исключить из уравнения. Однако в реальном процессе плотность грунта не является постоянной вдоль линии тока, так как в области непосредственной близости к рабочему органу происходит сжатие грунта за счет торможения грунтового потока.

Тогда уравнение (7) для случая полного торможения потока с учетом сжимаемости [6] грунтовой среды приобретает вид

$$\frac{V^2}{2} + \int \frac{dP}{\rho} = \text{const}, \quad (8)$$

где dP – давление грунта в точке; ρ – плотность грунта в точке.

Для вычисления интеграла $\int \frac{dP}{\rho}$, воспользуемся уравнением Пуассона для адиабатического процесса, которое описывает процесс изменения состояния среды и показывает как изменяется плотность среды при изменении ее давления [6].

$$\frac{P_0}{\rho_0^k} = \frac{P}{\rho^k} = \text{const}; \quad (9)$$

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{P^{\frac{1}{k}}}{P_0^{\frac{1}{k}}} = \frac{P^{\frac{1}{k}}}{C^{\frac{1}{k}}}, \quad (10)$$

где k – показатель адиабаты процесса; C – постоянная.

Подставим в интеграл $\int \frac{dP}{\rho}$ вместо ρ его значение из уравнения (10), тогда уравнение (8) примет вид [6]

$$\frac{V^2}{2} + \frac{k}{k-1} \cdot \frac{P}{\rho} = \text{const}. \quad (11)$$

Показатель адиабаты процесса для твердых тел может быть определен как отношение удельной теплоемкости при постоянном напряжении $C\sigma$ к удельной теплоемкости при постоянной деформации $C\varepsilon$ или соотношением адиабатического модуля упругости $E\alpha$ к изотермическому модулю упругости E [4]

$$k = \frac{C\sigma}{C\varepsilon} = \frac{E\alpha}{E}. \quad (12)$$

Теоретически показатель адиабаты процесса может быть определен с помощью уравнения, предложенного Томсоном [4]

$$k = 1 + \frac{At \cdot \alpha^2 \cdot K \cdot \theta}{\omega \cdot C\varepsilon}, \quad (13)$$

где At – тепловой эквивалент механической работы, затраченной на деформацию тела; α – температурный коэффициент объемного расширения; K – изотермический модуль объемного сжатия упругого тела; θ – абсолютная температура тела; ω – плотность тела.

Для практического применения зависимостей, включающих показатель адиабаты процесса, изотермический и адиабатический модули упругости грунтовой среды могут быть получены с помощью установок статического и динамического нагружения, широко применяющихся в дорожном строительстве для определения статического и динамического модулей упругости грунтовых дорожных оснований [5].

Согласно выводам профессора Ю.М. Яковлева для глинистых грунтов соотношение модулей упругости при кратковременной E_d и длительной нагрузке $E_{ст}$ зависит от относительной влажности грунта и колеблется в пределах [5]

$$\frac{E_d}{E_{ст}} = 1,25 \div 1,75. \quad (14)$$

Для учета сжимаемости грунтовой среды на процесс скоростного взаимодействия воспользуемся критерием Маха – отношением скорости потока к местной скорости распространения деформаций в среде [6]

$$M = \frac{V}{V\partial}, \quad (15)$$

где $V\partial$ – скорость распространения деформаций в среде.

Как известно из теории гидрогазодинамики скорость распространения малых возмущений в сжимаемой среде [6]

$$V\partial = \sqrt{\frac{\kappa \cdot P}{\rho}}, \quad (16)$$

где P – давление внутри области возмущенной среды.

Тогда уравнение (11) примет вид

$$\frac{V^2}{2} + \frac{V\partial^2}{\kappa - 1} = \text{const}. \quad (17)$$

Вязкопластические свойства грунтового потока могут быть рассмотрены с помощью коэффициента Кориолиса, который учитывает распределение скорости частиц по сечению потока.

Запишем уравнение (17) для сечения, проходящего через точку торможения грунтового потока и сечения удаленного от рабочего органа, где процесс сжатия грунта не проявляется

$$\frac{V_0^2}{2} + \frac{V\partial_0^2}{\kappa - 1} = \frac{V^2}{2} + \frac{V\partial^2}{\kappa - 1}. \quad (18)$$

Разделим уравнение (18) на $\frac{V\partial^2}{\kappa - 1}$, с учетом того, что $V_0 = 0$ получим

$$\frac{V\partial_0^2}{V\partial^2} = \frac{\kappa - 1}{2} \cdot \frac{V^2}{V\partial^2} + 1; \quad (19)$$

$$\frac{V\partial_0^2}{V\partial^2} = 1 + \frac{\kappa - 1}{2} \cdot M^2. \quad (20)$$

Исходя из гидрогазодинамического равенства [6]

$$\frac{P_0}{P} = \left(\frac{V\partial_0^2}{V\partial^2} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}. \quad (21)$$

Следует

$$\frac{P_0}{P} = \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} M^2 \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}, \quad (22)$$

где P_0 – полное давление грунтового потока в точке торможения; P – статическое давление грунтовой среды в точке торможения потока.

Согласно В.П. Станевскому для определения скорости распространения упругопластических деформаций грунта применима зависимость [7]

$$V\partial = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}, \quad (23)$$

где τ – предельное касательное напряжение грунта.

Для практического применения расчетной зависимости (23) можно использовать данные В.П. Фомичева о прочностных и деформативных характеристиках грунтов [8].

На основании этих выводов можно представить классификацию грунтов по А.Н. Зеленину [9], дополненную значениями скорости распространения упругопластических деформаций грунта (табл.).

КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ ПО А.Н. ЗЕЛЕНИНУ, ДОПОЛНЕННАЯ ЗНАЧЕНИЯМИ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГОПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Категория	I (песок)	II (супесь)	III (суглинок)	IV (глина)	V	VI
C_u	$\frac{1 \div 4}{3}$	$\frac{5 \div 8}{6}$	$\frac{9 \div 15}{12}$	$\frac{16 \div 34}{25}$	$\frac{35 \div 70}{50}$	$\frac{70 \div 140}{100}$
Куд, кН/м ²	$\frac{12 \div 65}{38,5}$	$\frac{58 \div 130}{94}$	$\frac{120 \div 200}{160}$	$\frac{180 \div 300}{240}$	$\frac{280 \div 500}{390}$	$\frac{400 \div 800}{600}$
$V\partial$, м/с	2,5	3,5	4,9	7,6	10,4	14,7

Таким образом, полное давление грунтового потока на рабочий орган с учетом сжимаемости грунта

$$P = P_{cm} \cdot \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} \cdot M^2 \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}; \quad (24)$$

$$P = P_{cm} \cdot \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} \cdot \frac{V^2}{V\delta^2} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}. \quad (25)$$

Определение силы сопротивления грунтов резанию в случае известного распределения давления по рабочему органу (например, при расчете методом конечных элементов) может осуществляться по общей зависимости

$$F = \iint_S P_{cm}(x, y, z) dS \cdot \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} \cdot \frac{V^2}{V\delta^2} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \cdot (\sin \delta + \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \delta), \quad (26)$$

где δ – угол между касательной к поверхности рабочего органа и вектором его скорости; φ – угол внешнего трения грунта.

В простейшем случае

$$F = K_{уд} \delta \cdot S \cdot \left(1 + \frac{\kappa - 1}{2} \cdot \frac{V^2}{V\delta^2} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}}, \quad (27)$$

где $K_{уд}$ – удельная сила сопротивления резанию.

Следует отметить, что при рассмотрении процесса внедрения в грунт тел с малыми углами режущей поверхности относительно направления его движения давление грунтовой среды следует рассчитывать без полного ее торможения внедряемым телом.

Для практического применения можно использовать упрощенную зависимость скорости торможения потока (деформации) V в зависимости от скорости движения рабочего органа V_{po}

$$V = V_{po} \cdot \sin(\delta + \varphi). \quad (28)$$

Очевидно, что при угле резания равном $(90^\circ - \varphi) < \delta < (90^\circ + \varphi)$ скорость деформации грунта равна скорости рабочего органа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Таким образом, приведенные зависимости позволяют описать процесс скоростного резания грунта, определить полную силу сопротивления

резанию с учетом статической составляющей $F_{ст}$, силы скоростного напора $F_{сн}$ и волнового сопротивления $F_{вс}$, возникающего в результате сжатия грунтовой среды рабочим органом.

На рис. 3 представлены теоретические зависимости, полученные по формулам (6) и (27), силы резания от скорости движения рабочего органа для глинистых грунтов IV категории согласно данным табл. 1, аналогичные экспериментальным, полученным Ю.А. Ветровым (рис. 1) [1].

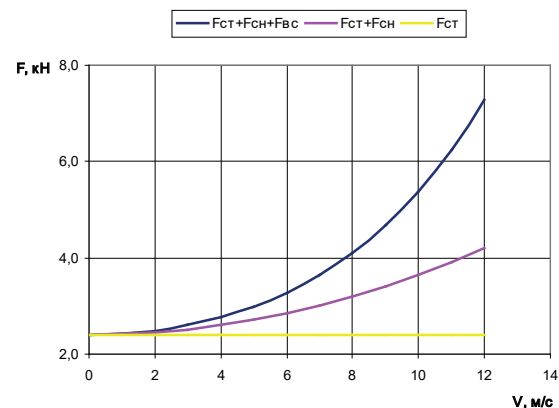


Рис. 3. Сопоставление полной силы сопротивления резанию со статической силой и силой скоростного напора, полученных по теоретическим зависимостям, (ширина среза 0,1 м, толщина 0,1 м, угол резания 30°)

Влияние скорости на силу сопротивления резанию согласно приведенным теоретическим зависимостям для талых грунтов с I по IV категорию наглядно представлено на рис. 4. Примечательным является то, что при скорости около 5 м/с сила сопротивления резанию для грунтов различных категорий практически совпадает.

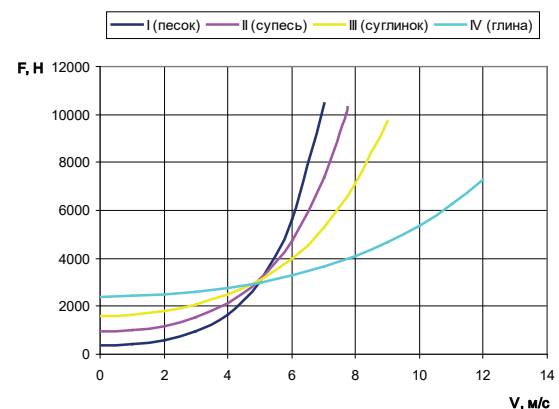


Рис. 4. Влияние скорости на силу сопротивления резанию грунтов с I по IV категорию

РАЗДЕЛ I.

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

Согласно экспериментальным исследованиям А.И. Сургучева и других [9] на величину приращения силы сопротивления грунта резанию при увеличении скорости влияет также угол резания, причем меньшее приращение силы наблюдается при меньшем угле резания. На рис. 5 приведены зависимости силы сопротивления резанию от скорости при различных углах резания для суглинистых грунтов III категории, полученные по формулам (26) и (28).

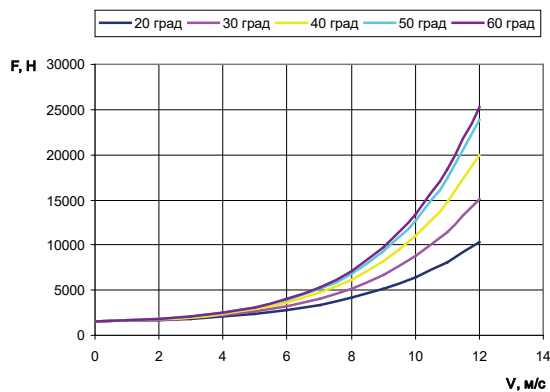


Рис. 5. Зависимость силы сопротивления грунта резанию от скорости при углах резания от 20 до 60°

Для эффективного использования имеющейся мощности при постоянной производительности по приведенным зависимостям может быть определен рациональный баланс между толщиной срезаемой стружки и скоростью резания. На рис. 6 представлены изолинии удельной энергоёмкости процесса резания при постоянной производительности в зависимости от скорости для грунтов с I по IV категорию.

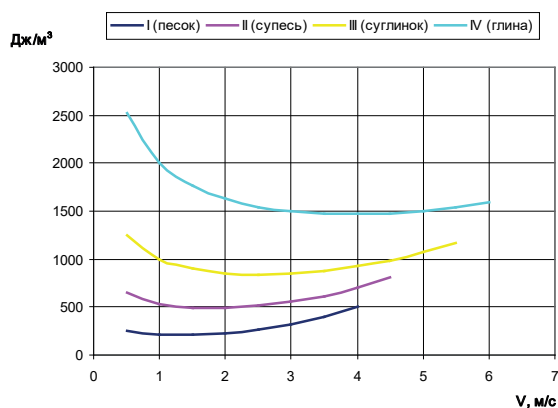


Рис. 6. Зависимость удельной энергоёмкости процесса резания при постоянной производительности от скорости резания

Как видно из рис. 6, удельная энергоёмкость имеет точки минимума. Для песчаных грунтов I категории энергоёмкость минимальна при скорости резания 1,4 м/с (1,1 ÷ 1,6), для супесчаных II категории – 1,7 м/с (1,6 ÷ 1,9), для суглинистых III категории – 2,5 м/с (2,4 ÷ 2,6), для глинистых IV категории – 3,9 м/с (3,4 ÷ 4,4). Следует отметить, что при определении рациональной скорости движения рабочего органа для конкретных видов землеройных машин процесс копания необходимо рассмотреть как систему «грунт – рабочий орган», учитывающую конструктивные и технологические особенности машины.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ветров, Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами / Ю.А. Ветров. – М. : Машиностроение, 1971. – 357 с.
2. Зеленин, А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами / А.Н. Зеленин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1968. – 376 с.
3. Артемьев, К.А. Основы теории копания грунта скреперами / К.А. Артемьев. – М. : Машиностроение, 1963.
4. Надаи, А. Пластичность и разрушение твердых тел. Том 2 / А. Надаи ; пер. с англ. под ред. Г.С. Шапиро. – М. : Мир, 1969. – 864 с.
5. Иванов, Н.Н. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / Н.Н. Иванов, Я.И. Калужский, М.Б. Корсунский [и др.]. – М. : Транспорт, 1973. – 328 с.
6. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Том 6. Гидродинамика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – 3-е изд., перераб. – М. : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 736 с.
7. Станевский, В.П. О физической сущности влияния скорости на силу резания грунтов // Горные, строительные и дорожные машины : сборник. Вып. 4 / В.П. Станевский. – Киев. : Техника, 1966. С. 46-51.
8. Фомичев, В.П. Методика расчета оптимальных режимов работы траншейных экскаваторов / В.П. Фомичев. – Ростов н/Д : РИСИ, 1971. – 118 с.
9. Алексеева, Т.В. Дорожные машины. Часть 1. Машины для земляных работ / Т.В. Алексеева, К.А. Артемьев, А.А. Бромберг [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972. – 504 с.

ABOUT INFLUENCE OF SPEED WORKING BODIES OF DIGGING MACHINES ON THE RESISTANCE FORCE OF SOIL CUTTING

Abstract. The processes occurring during high-speed cutting of soil are considered. The dependence of the resistance force of soil cutting from speed of interaction, taking into account the compressibility of soil and the occurrence of wave drag forces is established. Analytical expressions for calculating the components of the total force of high-speed cutting of soils is given. The dependence of the energy intensity of the cutting process of the speed is analyzed and practical recommendations for the rational choice of cutting speed is given.

Keywords: resistance force of soil cutting, cutting speed, compressibility of soil, compression wave ground, the force of the wave resistance, the power consumption of the cutting process, efficient cutting speed.

REFERENCES

1. Vetrov Yu.A. Rezanie gruntov zemleroynymi mashinami / Yu.A. Vetrov. – M.: Mashinostroenie, 1971. – 357 s.
2. Zelenin A.N. Osnovyi razrusheniya gruntov mehanicheskimi sposobami / A.N. Zelenin. – 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroenie, 1968. – 376 s.
3. Artemev K.A. Osnovyi teorii kopaniya grunta skreperami / K.A. Artemev. – M.: Mashinostroenie, 1963.
4. Nadai A. Plastichnost i razrushenie tverdyih tel. Tom 2 / A. Nadai ; per. s angl. pod red. G.S. Shapiro. – M.: Mir, 1969. – 864 s.
5. Ivanov N.N. Konstruirovaniye i raschet nezhestkih dorozhnyih odezhd / N.N. Ivanov, Ya.I. Kaluzhskiy, M.B. Korsunskiy [i dr.]. – M.: Transport, 1973. – 328 s.
6. Landau L.D. Teoreticheskaya fizika. Tom 6. Gidrodinamika / L.D. Landau, E.M. Lifshits. – 3-e izd., pererab. – M.: Nauka. Gl. red. fiz.-mat. lit., 1986. – 736 s.
7. Stanevskiy V.P. O fizicheskoy suschnosti vliyaniya skorosti na silu rezaniya gruntov // Gornye, stroitelnyie i dorozhnyie mashiny :

sbornik. Vyip. 4 / V.P. Stanevskiy. – Kiev.: Tehnika, 1966. S. 46-51.

8. Fomichev V.P. Metodika rascheta optimalnyih rezhimov raboty transheynyih ekskavatorov / V.P. Fomichev. – Rostov-na-Donu.: RISI, 1971. – 118 s.

9. Alekseeva T.V. Dorozhnyie mashiny. Chast 1. Mashiny dlya zemlyanyih rabot / T.V. Alekseeva, K.A. Artemev, A.A. Bromberg [i dr.]. – 3-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroenie, 1972. – 504 s.

Семкин Дмитрий Сергеевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техника для строительства и сервиса нефтегазовых комплексов и инфраструктур» ФГБОУ ВО «СибАДИ». (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: D.S.Semkin@yandex.ru).

Semkin Dmitry Sergeevich (Russia, Omsk) – candidate of technical Sciences, docent of the department «Technique for construction and service of oil and gas complexes and infrastructures», «The Siberian Automobile and Highway University (SibADI)». (644080, Russia, Omsk, Mira prospect 5, e-mail: D.S.Semkin@yandex.ru).

УДК 539-531

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МАКСИМАЛЬНЫХ СИЛ И УСКОРЕНИЙ ПРИ УДАРЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Б.Н. Стихановский¹, Л.М. Стихановская²

¹Омский государственный университет путей сообщения (ОМГУПС), Россия, г. Омск;

²ФГБОУ ВО «СибАДИ» Россия, г. Омск.

Аннотация. В статье рассматривается проблема определения максимальных сил при ударном взаимодействии твердых тел в случае упругих, пластических деформаций контакт-

ных поверхностей и при ударе по консоли с прямоугольным и круглым поперечным сечением. Определены максимальные деформации в центре контактной зоны при соударении тел из одинаковых и разных материалов. Установлены количественные зависимости между отдельными параметрами удара для получения максимальных ударных сил. Приведен пример практического применения теоретических зависимостей при создании ударного копра с высокими скоростями взаимодействия бойка с испытуемым объектом.

Ключевые слова: ударное взаимодействие, высокая скорость, упругие и пластические деформации, максимальная сила, копер для ударных испытаний.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность использования удара твердых тел в технологических процессах является одним из показателей технического уровня ряда отраслей, поэтому исследованию таких взаимодействий посвящено множество публикаций [1],[2],[3].

Решение вопросов теории передачи энергии удара, определение импульсов сил, напряжений, ускорений, коэффициентов восстановления и отскока является основой для создания современных высокопроизводительных машин и устройств, используемых при выполнении горных, строительных и дорожных работ, разработке мерзлого грунта, разбивке негабаритов из бетона и пород, ковке и штамповке металлов и производстве разнообразных технологических операций [4], [5]. Будет рассмотрено взаимодействие твердых тел в двух случаях, когда преобладают упругие или пластические деформации в зоне контакта.

УДАРНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Случай 1. Упругие деформации в зоне контакта.

При упругих деформациях в контактной области можно воспользоваться зависимостями Г. Герца. При этом максимальная площадь контакта должна быть много меньше площадей поперечных сечений тел и энергия пластических деформаций значительно меньше энергии упругих, где приведенный радиус контактных поверхностей

$$R_0 < (2-3) d_i,$$

$$\text{где } R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2},$$

d_i – диаметры поперечных сечений тел $i = 1$ первого и $i=2$ второго тела. По Г.Герцу максимальная сила при ударе

$$F_m = k \cdot \alpha_m^{\frac{3}{2}}, \tag{1}$$

$$\text{где } k = \frac{4\sqrt{R_0}}{3\pi(\delta_1 + \delta_2)} = \frac{4E_0}{3}\sqrt{R_0} \tag{2}$$

$\delta_i = \frac{1 - \mu_i^2}{\pi E_i}$, μ_i – коэффициент Пуассона и E_i – модули упругости для материалов двух соударяющихся тел.

$$\delta_1 + \delta_2 = \frac{1 - \mu_1^2}{\pi E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{\pi E_2} = \frac{1}{\pi E_0}, \tag{3}$$

$$\text{где } E_0 = \frac{E_1 E_2}{E_1(1 - \mu_2^2) + E_2(1 - \mu_1^2)}, \tag{4}$$

При одинаковых материалах:

$$E_1 = E_2 = E, \quad \mu_1 = \mu_2 = \mu,$$

$$E_0 = \frac{E}{2(1 - \mu^2)} \tag{5}$$

$$k = \frac{2E\sqrt{R_0}}{3(1 - \mu^2)}, \tag{6}$$

Максимальная деформация в центре контактной зоны:

$$\alpha_m = \left(\frac{15m_0 V^2}{16E_0 \sqrt{R_0}} \right)^{0.4}, \tag{7}$$

$$\text{где } m_0 = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}, \tag{8}$$

Для одинаковых материалов тел:

$$\alpha_m = \left[\frac{15m_0 V_0^2 (1 - \mu^2)}{8E\sqrt{R_0}} \right]^{0,4}, \quad (9)$$

Подставляя (2) и (7) в (1) :

$$\begin{aligned} F_m &= \frac{4}{3} E_0 \sqrt{R_0} \left(\frac{15m_0 V_0^2}{16E_0 \sqrt{R_0}} \right)^{0,6} = \\ &= \frac{4}{3} E_0^{0,4} R_0^{0,2} \left(\frac{15}{16} \right)^{0,6} V_0^{1,2} \\ &\approx 1,2827 (R_0 E_0^2 m_0^3 V_0^6)^{0,2} \approx \\ &\approx 1,2827 R_0^{0,2} E_0^{0,4} m_0^{0,6} V_0^{1,2} \end{aligned} \quad (10)$$

Для одинаковых материалов :

$$F_m = 0,972 R_0^{0,2} \left(\frac{E}{1 - \mu^2} \right)^{0,4} m_0^{0,6} V_0^{1,2}, \quad (11)$$

Для стальных тел $\mu \approx 0,3$;

$$\begin{aligned} E &= 2 \cdot 10^{11} \text{ н/м}^2; \\ F_m &= 33445 (R_0 m_0^3 V_0^6)^{0,2}, \end{aligned} \quad (12)$$

Например, при ударе $m_1 = m_2 = 0,5$ кг со скоростью $V_0 = 10$ м/с и $R_0 = 0,1$ м имеем: $m_0 = 0,25$ кг и максимальную силу удара $F_m \approx 145 \text{ кН}$.

Случай 2. Пластические деформации в контактной зоне

Максимальная сила при ударе m_1 по неподвижной m_2 (или m_2 по неподвижной m_1) со скоростью V_0 равна:

$$F_m = \frac{m_2 V_0 \sqrt{2\pi R_0 H_v m_1}}{m_1 + m_2}, \quad (13)$$

где за первое выбираем тело с меньшей массой, т.е. $m_1 \leq m_2$; H_v – твердость материала в зоне контакта – меньшая из двух взаимодействующих поверхностей, т.е. которая в первую очередь деформирует, размерность в Паска-

лях, Н м^{-2} ; Формула (13) получена с учетом коэффициента полезного действия передачи внутренней энергии при ударе, когда коэффициент восстановления равен нулю, [1, с. 83], и максимальной силы при ударе по преграде, [6, с.208].

Приближенно:

$$F_m = \frac{2,5mV_0}{1+m} \sqrt{R_0 H_v m_1}, \quad (14)$$

$$\text{где } m = \frac{m_2}{m_1}.$$

Рассмотрим предыдущий пример и предположим, что твердость по Бринелю и Виккерсу:

$$H_v \approx H_v = 200 \text{ кг/мм}^2 \approx 2 \cdot 10^9 \text{ н/м}^2,$$

тогда

$$F_m = \frac{2,5 \cdot 10}{2} \sqrt{0,1 \cdot 2 \cdot 10^9 \cdot 0,5} =$$

$$= 1,25 \cdot 10^5 = 125 \text{ кН}.$$

Случай 3. Удар по консоли длиной ℓ , имеющей момент инерции площади поперечного сечения I и модуль упругости E .

Для прямоугольного поперечного сечения консоли $I = \frac{bh^3}{12}$, где b – ширина, а h – высота сечения, для круглого сечения $I = \frac{\pi d^4}{64}$, к.п.д.

передачи внутренней энергии при неподвижном до удара одного из тел, [6] :

$$\eta_{\text{ен}} = \frac{m}{m+1}, \text{ т.е. энергия, идущая на}$$

деформацию консоли, равна :

$$E_{\text{ен}} = \frac{mm_1 V_0^2}{2(m+1)} = \frac{m_0 V_0^2}{2}.$$

Энергия деформаций равна: $E_{\text{деф}} = \frac{F_m y}{2}$, где y – максимальная деформация в точке

удара. У консоли длиной ℓ : $y = \frac{F_m \ell^3}{3EI}$. Приравняв $E_{\text{вн}}$ к $E_{\text{деф}}$, получим:

$$m_0 V_0^2 = \frac{F_m^2 \ell^3}{3EI},$$

откуда:

$$F_m = \frac{V_0}{\ell} \sqrt{\frac{m_0 3EI}{\ell}} \quad (15)$$

Пусть $\ell = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}$; сечение круглое $d = 10 \text{ мм}$, т.е. $I = \frac{3,14 \cdot 10^4}{64} = 491 \text{ мм}^4 = 491 \cdot 10^{-12} \text{ м}^4$; стержень консоли стальной, т.е. $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$, $V_0 = 10 \text{ м/с}$, $m_1 = m_2 = 0,5 \text{ кг}$, т.е. $m_0 = 0,25 \text{ кг}$, тогда

$$F_m = \frac{10}{0,04} \sqrt{\frac{0,25 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 491 \cdot 10^{-12}}{0,04}} \approx 10,73 \text{ кН}.$$

Как видно из (10 - 12) и (13 - 14), у максимальной силы и соответственно у максимального ускорения центров масс $a_{mi} = \frac{F_m}{m}$ имеем наибольший показатель степени у скорости удара V_0 . И если увеличение твердости ограничено пределами прочности материала и закалкой бойка, а размер приведенного радиуса

R_0 нельзя брать большим из-за снижения центральности удара, [6], то величину скорости

V_0 можно увеличивать в десятки и сотни раз. Одним из способов увеличения скорости удара является использование ротационного разгонного механизма, что позволяет, например, достигать скорости $V_0 = 40 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ при габаритах в сотни раз меньших, чем размеры вертикального копра со свободно падающим бойком, в котором для достижения этой же скорости необходима высота падения не менее

$$H = \frac{V_0^2}{2g} = 80 \text{ м}, \text{ где } g = 9,81 \text{ м/с}^2.$$

Обычно копры применяются в испытательной технике на перегрузки различных изделий при ударах. Одним из последних достижений в

этой области является копер для ударных испытаний, [7].

Копер содержит корпус 1 и ротор 2, на периферии которого размещены держатели, выполненные в виде колец со сферической внутренней поверхностью. В кольцах вставлены бойки в виде шаров. Один шар закреплен в держателе без возможности выхода из него, а второй шар имеет возможность выхода из держателя и связан через держатель со штоком. Величина хода штока такая, что исключается контакт держателя с желобом, расположенным в секторе торможения ротора диаметрально противоположно сектору выхода второго шара в конус. Вне зоны торможения участок выполнен в виде направляющей без заклинивания и торможения держателей и шаров, между конусом и тормозным участком расположен прямой участок желоба. С корпусом связаны конусный ствол 5, ось которого расположена по касательной к траектории бойка. На срезе конусного ствола установлен узел крепления испытуемого объекта 6. Привод осевого перемещения и радиальные каналы через окна связаны со штоками и кольцами, а пальцы, входящие в момент разгона ротора и выходящие из фиксатора держателей – с гнездами. Тормозное устройство выполнено в виде желоба с углом конусности 2α , рис.1.

Перед испытанием на копре привод отключен, а пальцы держателей заходят в гнезда фиксатора. При этом штоки входят внутрь радиальных каналов ротора так, что кольца при вращении ротора не задевают стенок тормозных устройств. По достижении заданной скорости вращения ротора включается привод осевого перемещения, который поднимает фиксатор. Пальцы освобождаются и штоки с кольцами и бойками под действием центробежных сил движутся к периферии ротора, где один боек производит удар по испытуемому объекту. Торможение одного кольца со связанным бойком-шаром происходит в желобе тормозного устройства. При этом путь торможения значительно уменьшается по сравнению с гладкой тормозной поверхностью, так как кольца зажимаются в конусе желоба, при этом приведенное трение $F_{\text{пр}}$ больше, чем на

плоскости, то есть $F_{\text{пр}} = \frac{F}{\sin \alpha}$, где α угол

конусности желоба. Например, при $\alpha = 30^\circ$ имеем $F_{\text{пр}} = 2F$, где F – сила трения-скольжения кольца по плоскости.

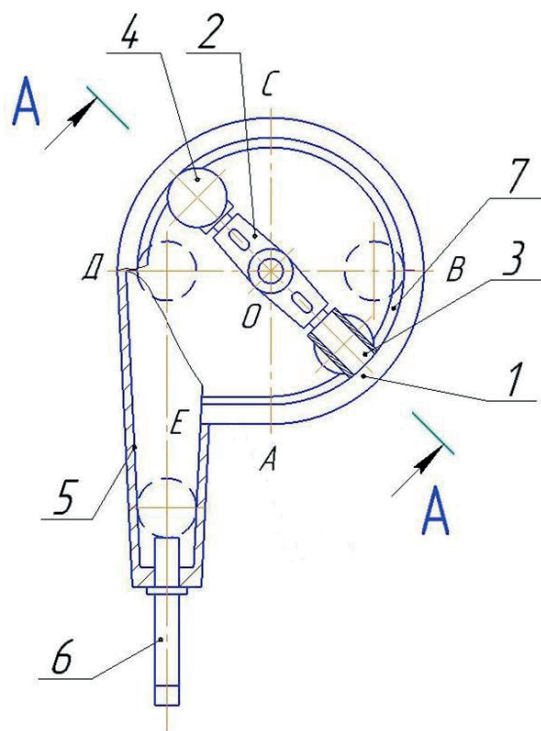


Рис. 1. - Копер
1 - корпус; 2 - ротор; 3- держатель; 4 - боек;
5 - конусный ствол; 6 - испытуемый объект; 7 - жёлоб.

Кроме этого, удар держателя кольца в конусе тормозного устройства вызывает отскок значительно меньший, чем от гладкой поверхности корпуса, что приводит к большей стабильности выхода бойка из кольца, точности попадания в ствол и уменьшает разброс результатов испытаний на копере для ударных испытаний. Один из шаров 4 закреплён в держателе и не вылетает из держателя при его торможении в жёлобе. При этом сила торможения передаётся через ротор 2 на другой шар, который вылетает и попадает в конус 5, а затем ударяет в испытуемое изделие 6. Следовательно, тормозится всегда только держатель с закреплённым шаром. Оба штока в процессе разгона ротора давят равномерно одинаковыми и противоположно направленными центробежными силами на пальцы, а при срабатывании привода из-за малого хода штока держателя свободного шара может тормозиться лишь шток, держатель и связанный с ним шар, т.к. он выходит в направляющей на небольшой ход, достаточный для прижатия в жёлобе.

Прямой участок желоба необходим для плавного входа держателя со связанным шаром в зону торможения жёлоба, что исключает удар держателя при входе в тормозную зону.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены зависимости максимальной силы и ускорения от скорости удара, геометрических характеристик и материалов соударяющихся тел при упругих и пластических деформациях в контактной зоне, практическое применение которых нашло отражение при создании копра для ударных испытаний. Предлагаемая конструкция копра имеет один конусный ствол и один узел крепления испытуемого объекта вместо двух в существующих копрах. Кроме этого, исключён вероятный удар держателей при входе в начальную зону торможения криволинейного жёлоба в области конусного ствола, что делает конструкцию копра более простой и надёжной, а также уменьшает тормозной путь ротора за счёт увеличения центробежной силы прижатия из-за присоединённой массы шара, жёстко связанного с тормозимым в жёлобе держателем. Такой копер позволяет значительно увеличить скорость удара, достигая максимально возможных ударных сил при заданных параметрах соударяющихся твердых тел.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тарасов, В.Н. Теория удара в теоретической механике и ее приложение в строительстве / В.Н. Тарасов, Г.Н. Бояркин. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 1999.-120 с.
2. Галдин, Н.С. Оптимизационный синтез основных параметров гидравлических импульсных систем строительных машин / Н.С. Галдин, В.Н. Галдин, Н.Н. Егорова // Вестник СибАДИ. – 2013. – №6 (34). – С.73-77.
3. Щербаков, В.С. Основные показатели гидравлических импульсных систем строительных машин / В.С. Щербаков, В.Н. Галдин // Вестник СибАДИ. – 2013. – №1(29). – С. 47-51.
4. Алимов О.Д. Гидравлические виброударные системы / О.Д. Алимов, С.А. Басов. – М. : Наука, 1990. – 352 с.
5. А. с. 1045041 СССР, G 01 M 7/ 00. Устройство для ударных испытаний изделий / Б.Н. Стихановский – №3448940/25-28 ; заявл.08.06.82; опубл. 30.09.83, Бюл.№36.-3с.
6. Стихановский, Б.Н. Процессы удара : монография / Б.Н. Стихановский. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010.324 с.
7. Пат. 163315 Российская Федерация. G 01 M 7/ 00 Копер для ударных испытаний / Б.Н. Стихановский, Е.С. Чернова. Опубл.10.06.2016. Бюл.№16.

крана-трубоукладчика. Получены зависимости максимального отклонения груза от координат точки крепления уравнивающего каната. Определено рациональное значение точки крепления уравнивающего каната для каждого из исследуемых вылетов стрелы.

Ключевые слова: кран-трубоукладчик, колебания, уравнивающий канат, груз.

ВВЕДЕНИЕ

С целью снижения амплитуды колебаний груза на стреле крана-трубоукладчика (КТ) предложено устройство закрепления груза на стреле КТ с помощью уравнивающего каната, который существенно снижает колебания груза [3].

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ ГРУЗА

Для исследования колебаний груза, закрепленного с помощью уравнивающего каната, составлена расчетная схема рис. 1. На рис. изображены: 1 – базовый трактор, 2 стрела, 3 – грузовой канат, 4 - груз, 10 – уравнивающий канат, 8,9 – опоры, упруго-вязкие свойства уравнивающего, стрелового канатов и ходового оборудования учтены при помощи упруго - вязких тел Фохта 5,6 и 7 соответственно.

При составлении схемы были приняты следующие допущения:

1. КТ является стационарной и голономной системой.

2. Люфты и силы сухого трения в шарнирах отсутствуют [2,4].

Для составления дифференциальных уравнений движения КТ необходимо задать системы координат [4].

Для описания положения всех звеньев си-

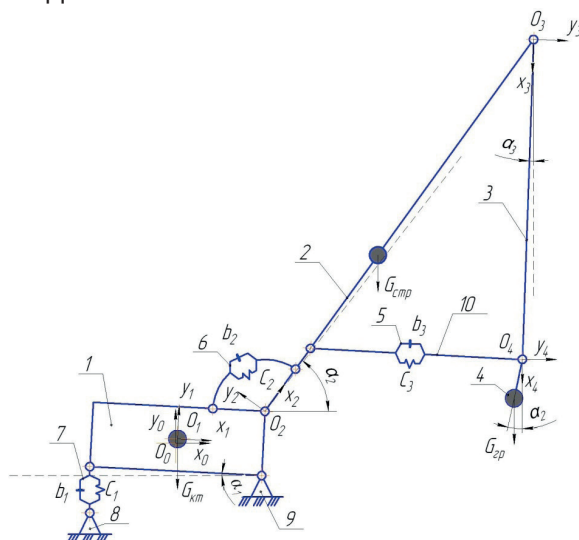


Рис. 1. Расчетная схема крана-трубоукладчика

стемы в двумерном пространстве был использован метод однородных координат. Данный метод значительно упрощает процесс определение координат и скоростей характерных точек при переходе из одной системы координат в другую, сводя его к одной операции матричного умножения [1, 2, 4].

Заданы следующие системы координат: инерциальная $O_0X_0Y_0$ с началом в точке O_0 , совпадающим с центром масс первого звена в исходном положении и жестко связанная с неподвижным основанием. Для оценки угловых смещений отдельных звеньев системы были введены локальные системы координат связанные со звеньями. Угловое смещение базового трактора оценивается при помощи системы координат $O_1X_1Y_1$ с началом в точке O_1 , совпадающим с центром масс первого звена. Угловое смещение стрелы - $O_2X_2Y_2$ с началом в точке O_2 , совпадающим с шарниром крепления стрелы. Угловое смещение грузового каната - $O_3X_3Y_3$ с началом в точке O_3 , совпадающим с шарниром крепления грузового каната. Угловое смещение груза - $O_4X_4Y_4$ с началом в точке O_4 , совпадающим с шарниром крепления уравнивающего каната.

Демпфирование воздействия на ходовое оборудование, а также демпфирования колебания груза и стрелы уравнивающим и стреловым канатами было реализовано за счет упруго - вязких тел Фохта, которые в свою очередь характеризуются коэффициентами жесткости c_1, c_2, c_3 и вязкости b_1, b_2, b_3 [2,4]. Для каждого звена, имеющего массу, вычислены и заданы инерционные характеристики такие как: собственные моменты инерции J_{ix}, J_{iy} , и центробежные моменты инерции J_{ixy} , относительно локальных систем координат [2, 4].

Были введены следующие обобщенные координаты, обозначение которых представлено в табл. 1,

Для описания кинематики звеньев плоской расчетной схемы, согласно методу однородных координат [4, 5, 9], были составлены матрицы перехода из локальной системы координат в инерциальную, формулы (1-4):

$$T_1 = A_{x_1} \cdot A_{y_1} \cdot A_{\alpha_1}; \quad (1)$$

СООТВЕТСТВИЕ МЕЖДУ УГЛОВЫМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ И ОБОБЩЕННЫМИ КООРДИНАТАМИ

Перемещение	Обобщенная координата
Поворот базового трактора на угол α_1	q_1
Поворот стрелы в на угол α_2	q_2
Поворот грузового каната на угол α_3	q_3
Поворот груза на угол α_4	q_4

$$T_2 = A_{x_2} \cdot A_{y_2} \cdot A_{\alpha_2} \cdot T_1; \quad (2)$$

$$T_3 = A_{x_3} \cdot A_{\alpha_3} \cdot T_1 \cdot T_2; \quad (3)$$

$$T_4 = A_{x_4} \cdot A_{\alpha_4} \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot T_3, \quad (4)$$

где A_{α_i} – матрица поворота i -го звена на угол α_i , A_{x_i} – матрица параллельного переноса по оси $O_i X_i$, A_{y_i} – матрица параллельного переноса по оси $O_i Y_i$.

Матрицы скорости U имеют следующий вид [4, 6]:

$$U_1 = A_{x_1} \cdot A_{y_1} \cdot E_{\alpha} \cdot A_{\alpha_1}; \quad (5)$$

$$U_2 = A_{x_2} \cdot A_{y_2} \cdot E_{\alpha} \cdot A_{\alpha_2} \cdot T_1; \quad (6)$$

$$U_3 = A_{x_3} \cdot E_{\alpha} \cdot A_{\alpha_3} \cdot T_1 \cdot T_2; \quad (7)$$

$$U_4 = A_{x_4} \cdot E_{\alpha} \cdot A_{\alpha_4} \cdot T_1 \cdot T_2 \cdot T_3, \quad (8)$$

где E – дифференцирующая матрица по соответствующему углу α .

Полученные матрицы позволяют определить положение и скорость характерных точек звеньев системы. Учитывая, что тело Фохта 1, принадлежит базовому трактору, тело 2 относится к стреле КТ, положение точек тела Фохта 3 описывается координатами в локальной системе координат грузового каната. Матрицы перехода Γ и матрицы скоростей M будут иметь вид [4, 7, 8]:

$$\Gamma_1 = A_{x_1} \cdot A_{y_1} \cdot A_{\alpha_1}; \quad (9)$$

$$\Gamma_2 = A_{x_2} \cdot A_{y_2} \cdot A_{\alpha_2} \cdot T_1; \quad (10)$$

$$\Gamma_3 = A_{x_3} \cdot A_{\alpha_3} \cdot T_1 \cdot T_2; \quad (11)$$

$$M_1 = U_1; \quad (12)$$

$$M_2 = U_2; \quad (13)$$

$$M_3 = U_3. \quad (14)$$

Полученные матрицы позволяют определить положение и скорости подвижных концов упруго-вязких тел в произвольный момент времени [2,4].

Полученный матрицы позволяют записать уравнение Лагранжа второго рода в векторно-матричной форме [2,4]:

$$\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 tr[U_{ij} H_i U_{iv}^T] q_j'' + \sum_{u=1}^3 \sum_{j=1}^4 tr[M_{uj} B_u M_{uv}^T] q_j' + \sum_{u=1}^3 \sum_{j=1}^4 tr[M_{uj} N_u M_{uv}^T] q_j + \sum_{i=1}^4 m_i g G^T U_{iv} \vec{R}_i = \vec{F}_6 U_{iv} \vec{R}_{ir}, \quad (15)$$

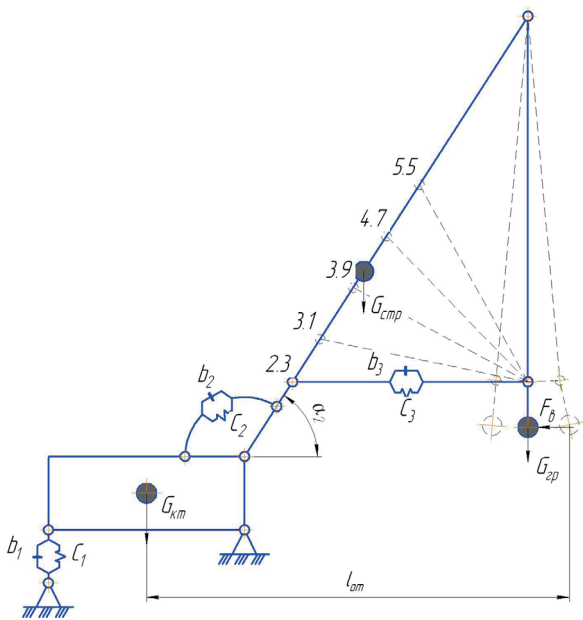


Рис. 2. Схема проведения эксперимента

где 4 – количество звеньев, 4 – количество степеней свободы, 3 – количество упругих элементов, U_{ij} – матрица скорости i -го элемента по j -ой координате, H_i – матрица инерционности i -го элемента, M_{ij} – матрица деформации i -го упругого элемента по j -ой координате, N_u – матрица упругости, V_u – матрица вязкости i -го упругого элемента, G^T – вектор сил тяжести звеньев системы, \vec{R}_i – радиус вектор i -го

звена, m_i – масса i -го звена, M_{uv}^T – транспонированная матрица деформации u – упругого элемента; U_{iv}^T – транспонированная матрица

скорости i -го элемента; q_j – обобщенная координата по степени свободы j , F_b – сила, приложенная к i звену расчетной схемы; R_r – вектор координат точки приложения силы к звену i в локальной системе координат этого звена.

С целью получения зависимости максимального отклонения груза от состояния равновесия от координат точки крепления уравнивающего каната был проведен машинный эксперимент. По результатам эксперимента определено рациональное значение точки крепления уравнивающего каната для каждого из исследуемых вылетов стрелы, при фиксированном ступенчатом воздействии силы F_b .

На рис. 3 показана схема проведения эксперимента. К центру масс груза кратковремен-

но прикладывалось фиксированное значение силы F_b , что приводило к колебаниям и соответственно отклонению груза от состояния равновесия.

В процессе эксперимента измерялось максимальное отклонение груза $l_{ор}$, с уравнивающим канатом и без, как расстояние от центра масс груза до центра масс базового трактора и рассчитывалась разница Δl :

$$\Delta l = l_{om}^0 - l_{om}, \quad (16)$$

где l_{om}^0 – отклонение груза без уравнивающего каната, l_{om} – отклонение груза с уравнивающим канатом.

После чего изменялся угол наклона стрелы α_2 и снова рассчитывалась Δl . По полученным данным была построена зависимость $\Delta l = f(\alpha_2)$. Данные зависимости были построены для различных точек крепления уравнивающего каната, как показано на рис. 2.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее предпочтительными координатами точек крепления уравнивающего каната является 3,1 и 3,9 м от шарнира крепления стрелы, так как разница отклонений в данных случаях максимальна.

Из рис. 3 видно, что Δl , характеризующая работу уравнивающего каната, на разных точках крепления изменяется по разным законам. Такое отличие объясняется изменением угла наклона уравнивающего каната к грузовому, и как следствие, разным значением угла наклона вектора уравнивающей силы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Щербаков, В.С. Система автоматизации моделирования стреловых грузоподъемных кранов : монография / В.С. Щербаков, М.С. Корытов, С.В. Котыкин. – Омск : СибАДИ, 2012. – 143 с.
- Щербаков, В.С. Автоматизация процесса моделирования траектории движения рабочего органа робота-манипулятора : монография / В.С. Щербаков И.А. Реброва, М.С. Корытов, Е.И. Постухова. – Омск: Филиал ГОУ ВПО «Российский заочный институт текстильной и легкой промышленности» в г. Омске, 2009. – 120с.
- Пат. 158 094 РФ: МПК В66С23/26. кран-тру-

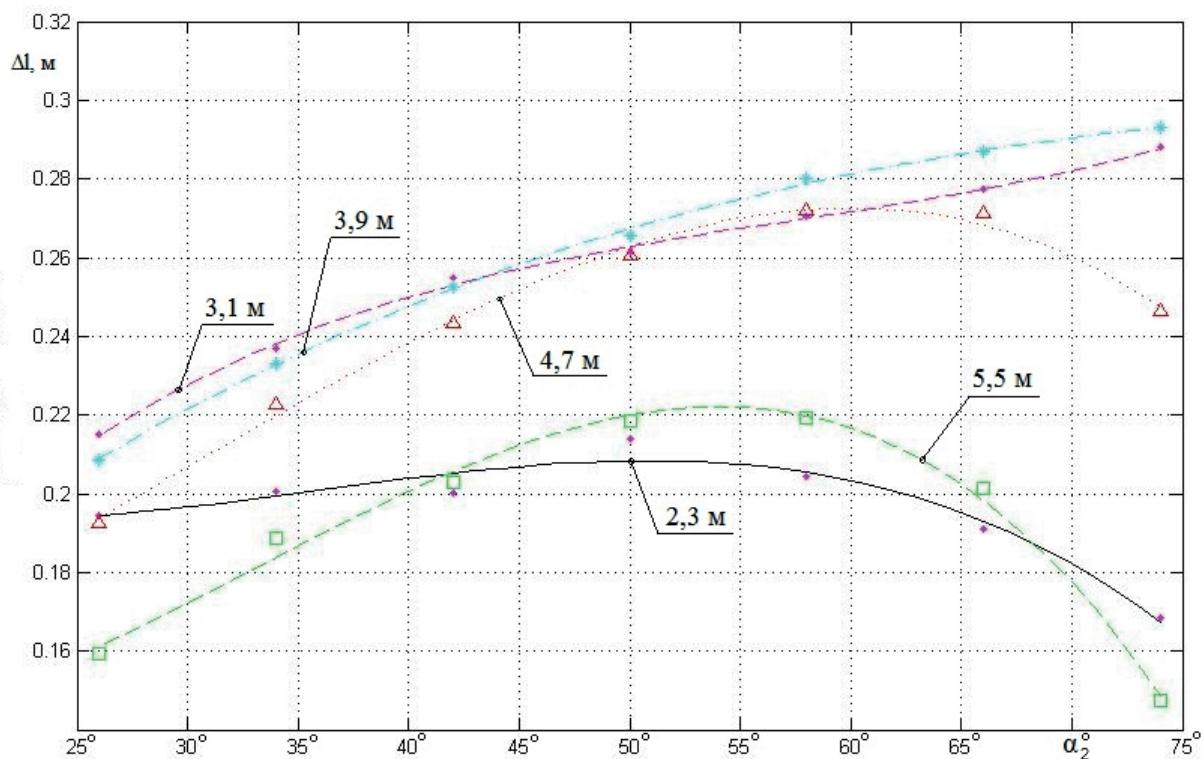


Рис. 3. Графики зависимостей разницы отклонений Δl от угла наклона стрелы α_2

боукладчик / Щербаков В.С., Кoryтов М.С., Танский В.В. ; СибАДИ. – № 2015120191/11; заявл. 27.05.2015; опублик. 20.12.15, Бюл. № 35.

4. Щербаков, В.С. Методы управления комплектом машин трубоукладочной колонны : монография / В.С. Щербаков, А. Н. Шабалин, М.С. Кoryтов. – Омск : СибАДИ, 2014. - 151 с.

5. Щербаков, В.С. Совершенствование системы управления выглаживающей плитой асфальтоукладчика : монография / В.С. Щербаков, С.А. Милюшенко. – Омск : СибАДИ, 2010. – 161 с.

6. Щербаков, В.С. Совершенствование системы управления рабочим органом цепного траншейного экскаватора : монография / В.С. Щербаков, Р.Ю. Сухарев. – Омск: СибАДИ, 2011. – 149 с.

7. Щербаков, В.С. Автоматизация проектирования устройств управления положением платформы строительной машины : моногра-

фия / В.С. Щербаков, М.С. Кoryтов, М.Г. Григорьев. – Омск: СибАДИ, 2011. - 119 с.

8. Щербаков, В.С. Стабилизация несущей платформы в горизонтальной плоскости / В.С. Щербаков, М.С. Кoryтов, М.Ю. Архипенко, Н.А. Камуз // Строительные и дорожные машины. – 2013. – №2. – С. 36–40.

9. Щербаков В.С. Методика проверки положения грузоподъемного крана в пространстве конфигураций по ограничению на устойчивость / В.С. Щербаков, М.С. Кoryтов, Н.А. Камуз // Ориентированные фундаментальные и прикладные исследования – основа модернизации и инновационного развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплексов России : материалы 66-й Междунар. науч.-практ. конф., 2012 г. / СибАДИ. – Омск, 2012. – С. 408 – 412.

EFFECT REFERENCE POINT MOUNT COUNTERBALANCING ROPES WAVERING CARGO PIPE-LAYING CRANE

Abstract. The paper deals with the forced oscillations of the load on the boom-laying crane, fixed by means of the counterweight rope design scheme is reasonable flat-laying crane and made up the differential.

equations of motion-pipelayer crane. The dependence of the maximum deviation of cargo from origin point of attachment of the counterweight rope. Defined rational value balancing rope attachment points for each of the investigated boom.

Keywords: *pipe-laying crane, wavering, balancing rope, cargo.*

REFERENCES

1. Sherbakov V.S., Koritov M.S., Kotkin S.V. The automation system simulation jib cranes. Monograph, 2012, 143 p.
2. Sherbakov V.S., Koritov M.S., Postukhova E.I. Automation simulation trajectory of the working body of the robot manipulator. Monograph, 2009, 120 p.
3. Sherbakov V.S., Koritov M.S., Tanskiy V.V. Pipe-laying crane. Patent RF, no 158094, 2015.
4. Sherbakov V.S., Koritov M.S., Shabalin A. N. A set of management practices of the column pipe-laying machines. Monograph, 2014, 151 p.
5. Sherbakov V.S., Milyshenko S.A. Improving governance screed paver. Monograph, 2010, 161 p.
6. Sherbakov V.S., Sukharev R.Y. Improving governance working body of the chain trencher. Monograph, 2011, 149 p.
7. Sherbakov V.S., Koritov M.S., Grigorev M.G. Design automation controls the position of a construction machine platform. Monograph, 2011, 119 p.
8. Sherbakov V.S., Koritov M.S., Arkhipenko M.Y., Kamuz N.A. Stabilization of the support base horizontally. Building and road machines, 2013, no 2, pp. 36-40.
9. Sherbakov V.S., Koritov M.S., Kamuz N.A. Methods of checking the position of the crane in the configuration space to limit the stability. Oriented fundamental and applied research - the basis of modernization and innovative development of architectural-building and road-transport complex of Russia, Proceedings of the international scientific-practical conference, 2012, no 66, pp. 408-412.
Танский Вячеслав Владимирович (Омск, Россия) – аспирант ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира 5, e-mail: s1ava8968@gmail.com).

Information about the authors

Vyacheslav V. Tanskiy (Omsk, Russian Federation) graduate student of Siberian State Automobile and Highway University "SibADI" (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: s1ava8968@gmail.com).

РАЗДЕЛ II

ТРАНСПОРТ

УДК 621.439:629.114.5

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ ВПРЫСКОМ БЕНЗИНА

М.В. Банкет

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ), Россия, г. Омск

Аннотация. В статье раскрываются проблемы использования газового топлива на автомобилях с непосредственным впрыском топлива. На основании анализа продаж автомобилей авторами установлено, что автомобили с непосредственным впрыском топлива пользуются большим спросом, вытесняя с рынка автомобили с распределенным фазированным впрыском топлива. Приведен анализ способов установки газобаллонного оборудования на автомобили с непосредственным впрыском топлива. Выделяются и описываются характерные особенности газобаллонного оборудования для автомобилей с непосредственным впрыском топлива. Основное содержание исследования составляют результаты стендовых испытаний автомобилей с непосредственным впрыском, работающих на газовом топливе.

Ключевые слова: газовое топливо, непосредственный впрыск, газобаллонное оборудование.

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом мы наблюдаем инновации в автомобильном строении, к примеру, такие как система непосредственного впрыска топлива. И с каждым годом количество автомобилей оснащенных системой непосредственного впрыска растёт [1].

В начале этого тысячелетия жесткие стандарты выбросов отработавших газов в Европе привели к росту популярности систем непосредственного бензинового впрыска. Сейчас подобными системами оснащаются почти половина всех производимых в Европе автомобилей с бензиновыми двигателями. В 2012 году компания Bosch обеспечила поставки более 5 млн. систем непосредственным бензинового впрыска в европейском регионе, и эта цифра выросла до 9 млн. к 2015 году. Внедрение компанией Bosch системы непосредственного впрыска в рамках развития технологии Common Rail привело к революционным изменениям в работе дизельных двигателей. В течение последнего десятилетия эта технология стала неоспоримым стандартом – она применяется в 80% всех новых дизельных авто в мире. Подобные изменения происходят

сегодня и в отношении бензинового двигателя. Инновационные технологии Bosch повышают энергоэффективность топливной системы, позволяют экономить средства владельцам авто на каждом «пройденном» километре, а также существенно сокращают выбросы в атмосферу. Так, в 2013 году в Европе более чем на 40% новых автомобилей с бензиновыми двигателями использовалась система непосредственного впрыска. Согласно подсчетам экспертов Bosch, это позволило сократить количество выбросов CO₂ в регионе суммарно на 1,2 млн кг [2].

Сегодня в США и Китае около 90 % производимых авто выпускаются с бензиновым ДВС, и несмотря на достаточно жесткие ограничения на импорт систем непосредственного впрыска для локального производства в этих странах компания Bosch прогнозирует стремительный рост продаж. В Китае, например, уже к 2020 году треть всех производимых автомобилей будет комплектоваться системами непосредственного впрыска бензина [2, 3].

Проведя маркетинговые исследования [4] автомобильных дилерских центров города Омска было определено количество продаваемых моделей автомобилей (рис. 1) и коли-

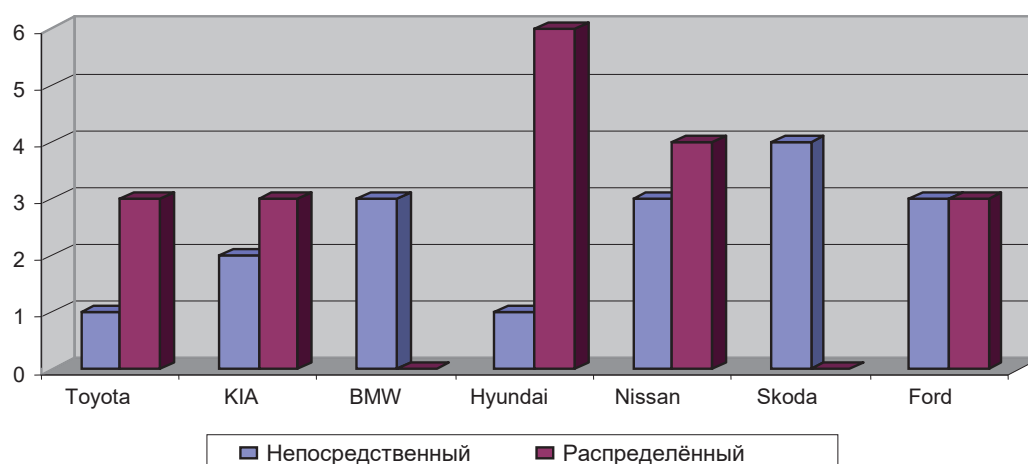


Рис. 1. Диаграмма распределения продаваемых моделей автомобилей в зависимости от типа подачи топлива в дилерских центрах города (по наличию автомобилей на сентябрь 2016 г.)

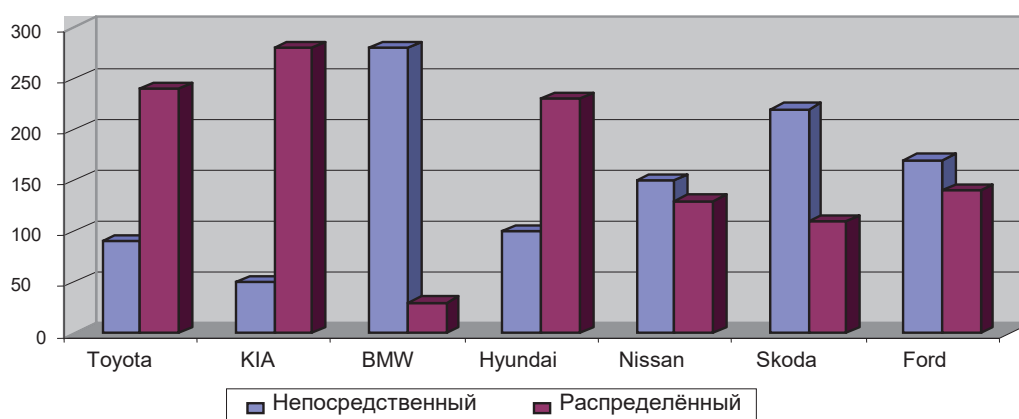


Рис. 2. Диаграмма продаж автомобилей в зависимости от типа подачи топлива (бензин) в дилерских центрах города (по состоянию на сентябрь 2016 г.) [4]

чество проданных автомобилей (рис. 2) в зависимости от типа подачи топлива.

Продажа и наличие автомобилей в дилерских центрах с непосредственным впрыском топлива (бензин) растут и вытесняют с рынка автомобили с распределённым впрыском топлива.

Рассмотрим технические характеристики автомобилей с непосредственным и распределённым впрыском топлива.

Технические характеристики автомобилей с непосредственным впрыском топлива превосходят технические характеристики автомобилей с распределённым впрыском топлива в том числе и по расходу топлива, что является приоритетным показателем при выборе автомобиля.

Не смотря на тот факт, что у автомобилей с непосредственным впрыском уменьшенный

расход топлива всё равно остаются такие автомобили, у которых в городском цикле значительный расход топлива (к примеру, Nissan Patrol с расходом 20,6 л/100 км [5]).

Согласно Постановлению Правительства РФ от 15 января 1993 г. N 31, в целях снижения дефицита нефтяного моторного топлива установить предельную отпускную цену на сжатый газ в размере не более 50 процентов от цены реализуемого в данном регионе бензина, включая налог на добавленную стоимость.

Проведя сравнительный анализ стоимости применяемых в настоящее время моторных топлив в городе Омске, установлено, что стоимость сжиженного нефтяного газа (СУГ) в 2 раза ниже стоимости бензина.

При сборе статистических данных использовалась информация с сайта Федеральной службы государственной статистики [6].

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЕЙ С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМ И РАСПРЕДЕЛЁННЫМ ВПРЫСКОМ ТОПЛИВА (БЕНЗИН)

Марка	Вид впрыска	Модель автомобиля	Модель ДВС	Мощность ДВС(л.с.)	Объём ДВС(л)	Расход топлива (л/100 км)
Toyota	Непосредственный	Camry	D-4SDual	150	2,0	7,2
	Распределённый	Corolla	2AZ-FE	158	2,4	9,2
Nissan	Непосредственный	X-Trail	MR20	144	2,0	6,9
		Qashqai				
	Распределённый	X-Trail	QR25DE	137	2,0	8,1
		Qashqai				
		Octavia	CHNB	200	2,0	8,0
		Yeti	CFNA	150	1,8	7,1
		Superb	CFNA	150	1,8	7,1
Explorer	3,5 Duratec	294	3,5	11,8		

Проанализировав рост распространения и продаж автомобилей с системой непосредственного впрыска, а так же их технические показатели можно сформулировать возникшую проблему: вы-

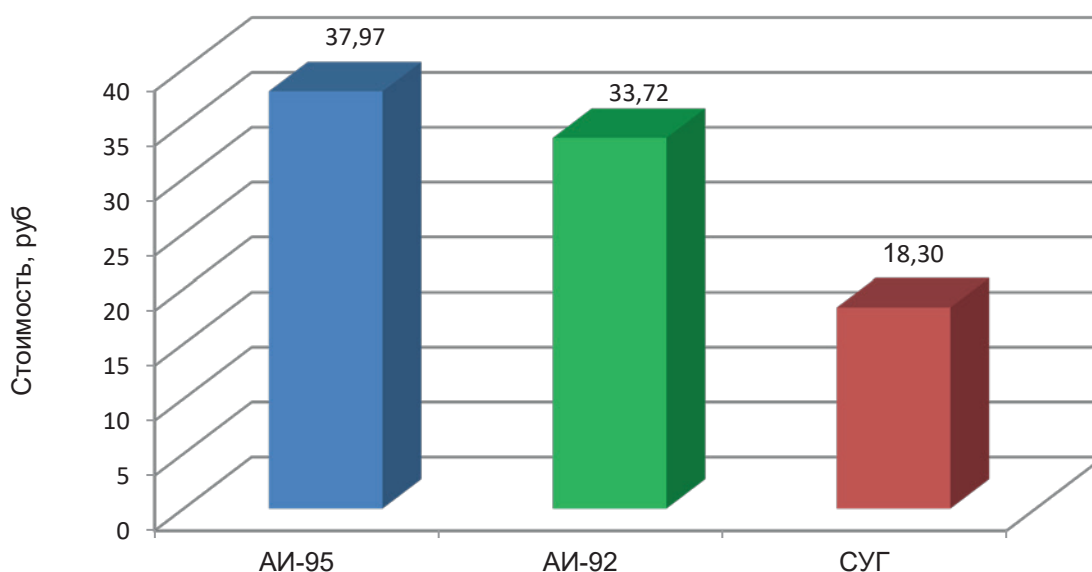


Рис.3. Соотношение средних цен топлива в городе Омске на октябрь 2016 г.[6]

сокие денежные затраты на топливо для автомобилей, в том числе автомобилей с системой непосредственного впрыска топлива (бензин).

Одним из путей снижения затрат на топливо для автомобилей с непосредственным впрыском топлива является переоборудование данных автомобилей для работы на сжиженном углеводородном газе.

Методы использования газового топлива на автомобилях с непосредственным впрыском топлива.

До недавнего времени не было возможным установить ГБО на автомобили с непосредственным впрыском топлива в цилиндры (Mitsubishi GDI, VW Skoda Audi FSI, Toyota D4, Nissan Neo DI и пр.).

Это обусловлено тем, что при непосредственном впрыске бензиновые форсунки установлены в непосредственной близости к камере сгорания, где очень высокая температура, а охлаждаются они бензином, проходящим через них под высоким давлением. Установить газовые форсунки для подачи газа в камеру сгорания не представляется возможным, а при установке обычного ГБО IV-го поколения (газовые форсунки на впускной коллектор), бензиновая система питания таких автомобилей быстро выходила из строя. Дело в том, что для нормальной работы бензиновых форсунок, подающих топливо непосредственно в цилиндр, необходимо, чтобы они охлаждались проходящим через них бензином. А в момент работы на газе бензиновые форсунки отключаются, что приводит к их быстрой закоксовке. Если при езде на газе бензиновые форсунки не будут охлаждаться, то через несколько тысяч ки-

лометров они выйдут из строя и эксплуатация автомобиля на бензине станет невозможной без проведения дорогостоящего ремонта [7].

ГБО IV поколения для автомобилей с непосредственным впрыском топлива (ГБО IV+).

Специалистам итальянской компании BRC удалось решить эту проблему. Разработанная в 2007 году система BRC Sequent Direct Injection (SDI) – это система питания газовым топливом, разработанная для наилучшей интеграции с двигателями с непосредственным впрыском бензина. Sequent Direct Injection – это многоточечная система последовательного фазового впрыска газа (распределенный газовый впрыск). В ГБО IV+ впрыск газа происходит во впускной коллектор, в то время как впрыск бензина производится непосредственно в камеру сгорания параллельно с впрыском газового топлива [8]. Комбинированная схема ГБО IV+ поколения представлена на рис. 4.

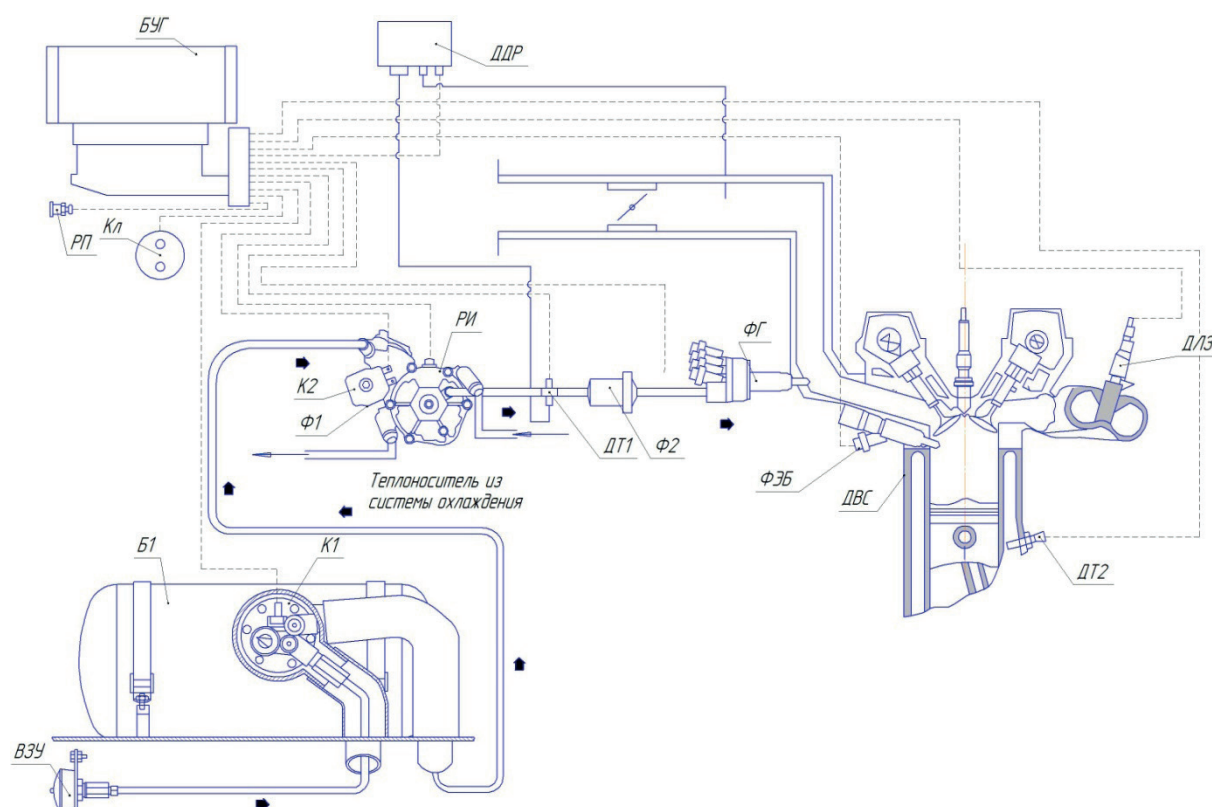


Рис. 4. ГБО IV+ поколения. Схема комбинированная общая
 Б1 - Газовый баллон для СУГ, К1 - Мультиклапан, ВЗУ - Выносное заправочное устройство,
 РП - Разъем для подключения ноутбука, Кп - Кнопка переключения вида топлива,
 БУГ - Газовый блок управления, К2 - Газовый клапан, РИ - Редуктор-испаритель,
 Ф1 - Фильтр жидкой фазы, Ф2 - Фильтр паровой фазы, ДТ1 - Датчик температуры,
 ДДР - Датчик давления/разряжения, ФГ - Газовая форсунка,
 ФЭБ - Электромагнитная бензиновая форсунка, ДЛЗ - Датчик лямбда зонд,
 ДТ2 - Датчик температуры, ДВС - Двигатель внутреннего сгорания

Закоксовывание бензиновых форсунок в этой системе не происходит потому, что при работе на газе одновременно подается небольшая порция бензина (около 10 % от количества подаваемого газа), необходимая для охлаждения форсунки [9].

Этот подход позволяет получить ту же простоту установки и возможность использовать те же механические компоненты с очевидными проверенными преимуществами. Фактически, это оборудование отличается от обычного BRC (распределенный газовый впрыск), только блоком управления, а все остальные компоненты (редуктор, форсунки и т.д.) - те же самые. Особенностью BRC SDI является то, что установить эту систему можно только на определенные модели двигателя. BRC SDI нужно устанавливать именно на конкретную модель двигателя, а не марки автомобиля. Один и тот же двигатель 2.0 FSI может стоять на Volkswagen Passat, Jetta, Golf; Skoda Octavia, Super B; Seat Leon; Audi A3, A4, A6 и именно для этого двигателя можно установить оборудование [8]. Для каждой модели двигателя разработчик ГБО предлагает конкретную «прошивку» для оптимальной настройки газобаллонного автомобиля.

Кроме BRC Sequent Direct Injection существуют и другие системы такие как: Easy Fast Direct Injection, производимая итальянской компанией Lovato; Stag-400, производимая польской компанией AC [8].

Проведя расчеты срока окупаемости ГБО IV для автомобиля Nissan Patrol при пробеге автомобиля 20000 км/год было установлено, что данное ГБО окупится за 1,28 лет.

VI поколение ГБО.

VIALLE LPdi – система впрыска СУГ в жидкой фазе непосредственно в камеру сгорания. Это газобаллонное оборудование предназначено для двигателей с непосредственным впрыском топлива (TSI, FSI, TFSI, GDI и т.д.) и известно как ГБО VI поколения [10].

Разработка компании VIALLE LPdi основана на уже получивших признание системах V поколения VIALLE LPI, но имеет ряд особенностей.

Газовый насос под давлением подает газ в так называемый модуль смешивания топлива (FSU), откуда газ подается в штатный ТНВД (насос высокого давления) автомобиля, а уже оттуда в жидком виде под высоким давлением подается через бензиновые форсунки в цилиндры камеры сгорания. Таким образом бензиновые форсунки охлаждаются проходящим через них газом.

Система VIALLE LPdi позволяет эксплуатировать автомобиль только на газе, вообще не использовать бензин. Двигатель можно запускать на газе в любую температуру, ведь газ не нужно подогревать. При использовании системы LPdi нет абсолютно никаких потерь мощности и крутящего момента, а на некоторых автомобилях замечен прирост этих параметров [10].

На сегодняшний день оборудование системы LPdi доступно для владельцев автомобилей Volkswagen, AUDI, Skoda, Seat.

Проведя расчеты срока окупаемости ГБО VI для автомобиля Nissan Patrol при пробеге автомобиля 20000 км/год было установлено, что данное ГБО окупится за 1,9 лет.

Система VIALLE LPdi помимо преимуществ имеет ряд недостатков, таких как высокие требования к качеству газового топлива и дороговизна такого газобаллонного оборудования. В Российской Федерации данная система не получила распространения.

Для автомобилей с непосредственным впрыском топлива существует два типа газобаллонного оборудования. На сегодняшний день в сложившейся инфраструктуре использования газового топлива на автомобильном транспорте наиболее рационально использовать для автомобилей с непосредственным впрыском ГБО IV+. Представим результаты стендовых испытаний автомобилей с непосредственным впрыском, работающих на газовом топливе с ГБО IV + поколения.

Результаты стендовых испытаний автомобилей с непосредственным впрыском, работающих на газовом топливе с ГБО IV + поколения на примере автомобиля Nissan Patrol.

Испытания проводились на мощностном стенде Maha LPS 3000, установленном в городе Омске в автомобильном комплексе «Авто-Нова». В качестве исследуемых параметров определены: мощность и крутящий момент двигателя.

Мощностной стенд Maha LPS 3000 предназначен для углубленной диагностики автомобилей по тягово-мощностным, скоростным и экологическим параметрам, имитируя движение с реальной нагрузкой. Автомобиль заезжает на блок роликов, имеющих мощный электромагнитный тормоз, с помощью которого и создается сопротивление вращению колесам автомобиля, величина которого задается пользователем. Результаты измерений передаются на компьютерную стойку управления и отображаются на мониторе. Стенд LPS

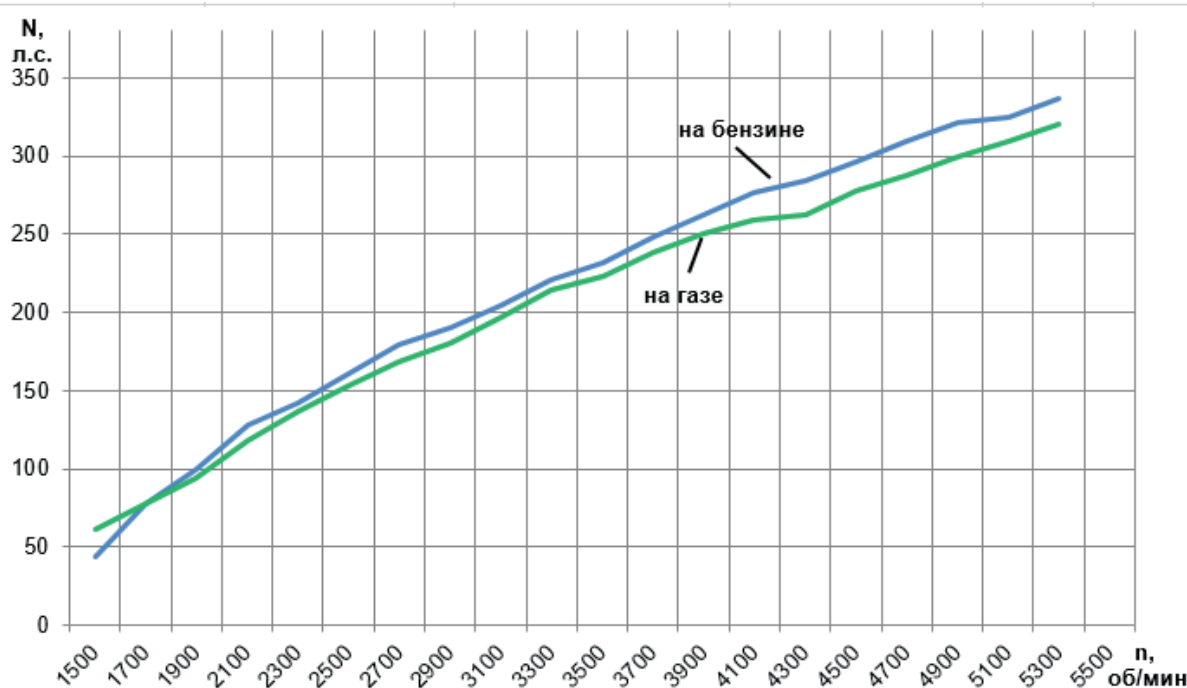


Рис. 5. Результаты исследования мощности ДВС

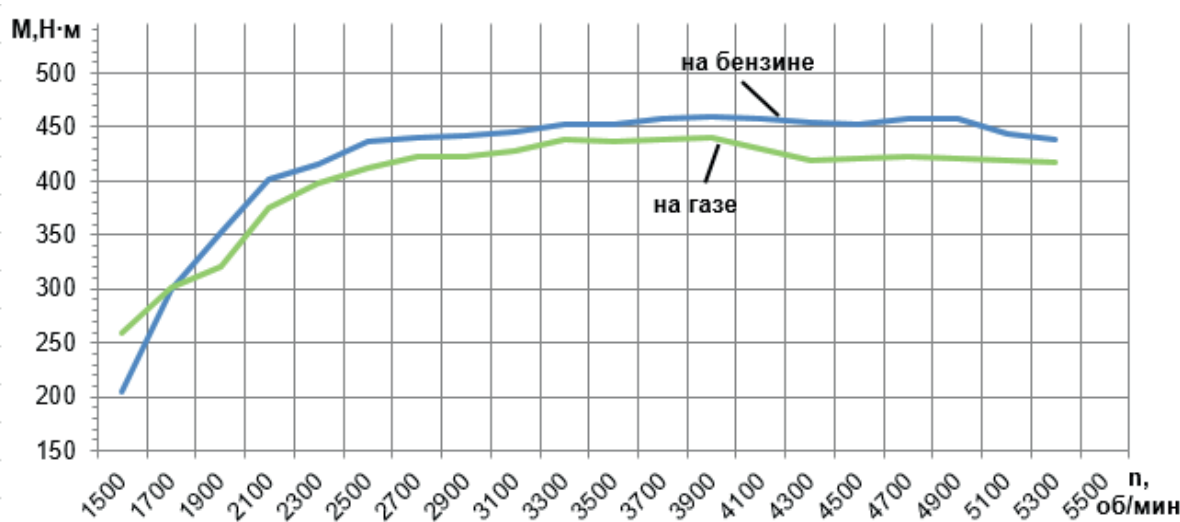


Рис. 6. Результаты исследования крутящего момента ДВС

3000 позволяет оценить: крутящий момент двигателя; мощность двигателя; мощность на ведущих колёсах, величину потери мощности в трансмиссии; скорость автомобиля; экологические показатели работы двигателя под нагрузкой (при наличии газоанализатора и дымомера) [11].

Расчет мощности двигателя осуществляется по стандартам измерения мощности DIN 70020 (Германский институт стандартизации), ISO 1585 (Международная организация по

стандартизации), JISD 1001 (Японский промышленный стандарт).

Перед определением исследуемых параметров были установлены граничные условия эксперимента:

- температура окружающего воздуха: 19°C;
- атмосферное давление воздуха: 101 кПа;
- относительная влажность воздуха: 41%;
- марка бензина: АИ-98 с октановым числом по исследовательскому методу не менее 98;

**МОЩНОСТЬ И КРУТЯЩИЙ МОМЕНТ ДВС VK56VD В ЗАВИСИМОСТИ
ОТ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА**

Частота вращения коленчатого вала ДВС,	Мощность ДВС, л.с.	Крутящего момента ДВС, Н·м
4500	280	455
4900	323	463
5200	330	440
5800	404	423

- марка газового топлива: ПА с содержанием пропана 85±10%;

Результаты исследования мощности ДВС представлены на рис.5.

Результаты исследования крутящего момента ДВС представлены на рис.6.

Точность измерения на мощностном стенде Maha LPS 3000 составляет 2 % [11].

Рассмотрим мощность ДВС VK56VD установленного на исследуемом автомобиле Nissan Patrol исходя из технической характеристики данного двигателя (см. табл.2).

Оценка сходимости результатов полученных из технической характеристики с результатами экспериментальных исследований осуществлялась с использованием методики, основанной на законах математической статистики и планировании экспериментов [12]. В результате обработки данных на ЭВМ с использованием программных пакетов «Microsoft Office Excel 2007» [13] были получены численные значения мощности и крутящего момента ДВС в зависимости от частоты вращения коленчатого вала. Исходя из полученных значений установлено, что отклонение результатов экспериментальных исследований составляет не более 2 % от данных представленных в технической характеристики исследуемого ДВС.

В режиме увеличения оборотов до 1750 об/мин. исследуемый автомобиль при работе на газовом топливе показал увеличение мощности ДВС до 27% и увеличение крутящего момента ДВС до 21% по сравнению с работой на бензиновом топливе. При дальнейшем увеличении оборотов мощность и крутящий момент ДВС снижается до 8% и 10% соответственно.

Проведенные измерения позволяют произвести оценку тягово-мощностных показателей исследуемого автомобиля на газовом топливе.

Согласно полученным результатам исследований установлено:

- мощность исследуемого ДВС с непосредственным впрыском на газовом топливе

увеличились по сравнению с бензиновым топливом на режиме до 1750 об/мин. до 27 % и снизилась на всех остальных режимах работы ДВС от 3 % до 8 %.

- крутящий момент исследуемого ДВС с непосредственным впрыском на газовом топливе увеличился по сравнению с бензиновым топливом на режиме до 1750 об/мин. до 21 % и снизилась на всех остальных режимах работы ДВС от 3 % до 10 %

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Особенностями применения газового топлива на автомобильных двигателях с непосредственным впрыском бензина является возможность применения только двух систем:

- многоточечной системы последовательного фазового впрыска газа (ГБО IV+ поколение);
- системы впрыска СУГ в жидкой фазе непосредственно в камеру сгорания (ГБО VI поколение).

На сегодняшний день в сложившейся инфраструктуре использования газового топлива на автомобильном транспорте наиболее рационально использовать для автомобилей с непосредственным впрыском многоточечную систему последовательного фазового впрыска газа (ГБО IV+ поколения)

Установлено, что мощность и крутящий момент исследуемого ДВС с непосредственным впрыском на газовом топливе изменилась по сравнению с бензиновым топливом не более чем 10%, что подтверждает эффективность работы автомобилей с непосредственным впрыском, работающих на газовом топливе с ГБО IV + поколения.

Рассмотрев рынок продаж автомобилей на примере города Омска, можно сделать вывод, что на сегодняшний день наблюдается рост продаж автомобилей с непосредственным впрыском топлива.

Снижение затрат на топливо для автомо-

билей с непосредственным впрыском может быть достигнуто установкой газобаллонного оборудования для работы автомобиля на газовом топливе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Непосредственный впрыск – энциклопедия журнала «За рулём». [Электронный ресурс]. URL: <http://wiki.zr.ru> (дата обращения: 09.10.2016).

2. Новости BOSCH. Технология непосредственного бензинового впрыска BOSCH. [Электронный ресурс]. Дата публикации: 23.10.2015. URL: http://www.bosch.ru/ru/newsroom_1/news_1/news-detail-page_62464.php (дата обращения: 23.03.2016).

3. Система непосредственного впрыска: устройство и принцип работы. [Электронный ресурс]. URL: http://www.auto-infosite.ru/articles_sistema_neposredstvennogo_vpryska.html#ixzz4 (дата обращения: 12.10.2016).

4. Региональная статистика. [Электронный ресурс]. URL: https://www.autostat.ru/pages/issledovaniya/ejemesyachnye_obzory/bazovyj_otchet_regionalnaya_statistika/ (дата обращения: 05.10.2016)

5. Ханников А.А. Автомеханик – 2-е изд. – Минск: Современная школа, 2010. – 384 с.

6. Средние потребительские цены на топливо в Омской области на 31.10.2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/>

cbsd/DBInet.cgi (дата обращения: 02.11.2016).

7. Певнев Н.Г. Обеспечение работоспособности газобаллонных автомобилей в условиях отрицательных температур окружающего воздуха / Н.Г. Певнев, Л.С. Трофимова, М.В. Банкет // АвтоГазоЗаправочный Комплекс +Альтернативное топливо: Международный научно-технический журнал. – 2012. – №5(65). – С. 12-15.

8. Устройство, поколения ГБО. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lpg.ru/auto/alternative/types> (дата обращения: 12.10.2016).

9. Ерохов В.И. Газобаллонные автомобили (конструкция, расчет, диагностика): учебник для вузов / В.И. Ерохов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2011. – 598 с.

10. VIALLELPdi – ГБО для двигателей с непосредственным впрыском. [Электронный ресурс]. URL: <http://gas-energy.ru/informatsiya/vialle-lpdi-gbo-dlya-dvigatelej-s-neposredstvennym-vpryskom> (дата обращения: 15.10.2016).

11. Инструкция по эксплуатации. Колесный мощностной стенд LPS 3000 [Текст]: D1 0524BA1-RU01 от 22.08.2013. – 108 с.

12. Рыков В.В. Математическая статистика и планирование эксперимента: монография / В.В. Рыков, В.Ю. Иткин. – М.: Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, 2009. – 303 с.

13. Пащенко И.Г. Excel 2007 / И.Г. Пащенко. – М.: Эксмо, 2009. – 496 с.

FEATURES OF APPLICATION OF GAS FUEL IN VEHICLES WITH DIRECT FUEL INJECTION

Abstract. *The article reveals the problems of using gas fuel in vehicles with direct fuel injection. Based on the analysis of car sales, the authors found that cars with direct fuel injection are in high demand out of the market of vehicles with a distributed phased fuel injection. The analysis of ways of installation of LPG equipment for vehicles with direct fuel injection. Allocated and describes the characteristics of LPG equipment for vehicles with direct fuel injection. The main contents of the study are the results of bench testing of direct injection engines, working on gas fuel*

Keywords: *gas fuel, direct injection, gas equipment.*

REFERENCES

1. Direct injection – encyclopedia of the magazine “Behind the wheel”. [Electronic resource]. URL: <http://wiki.zr.ru> (date accessed: 09.10.2016).

2. News BOSCH. Technology of direct petrol injection from BOSCH. [Electronic resource]. Publication date: 23.10.2015. URL: http://www.bosch.ru/ru/newsroom_1/news_1/news-detail-page_62464.php (date accessed: 23.03.2016).

3. The direct injection system: the device and

working principle. [Electronic resource]. URL: http://www.auto-infosite.ru/articles_sistema_neposredstvennogo_vpryska.html#ixzz4 (date accessed: 12.10.2016).

4. Regional statistics. [Electronic resource]. URL: https://www.autostat.ru/pages/issledovaniya/ejemesyachnye_obzory/bazovyj_otchet_regionalnaya_statistika/ (date accessed: 05.10.2016)

5. Konnikova. Mechanic – 2nd ed. – Minsk: Modern school, 2010. – 384 p.

6. Average consumer prices for fuel in the Omsk

region on 31.10.2016. [Electronic resource]. URL: <http://www.gks.ru/dbscripts/cbsd/DBInet.cgi> (date accessed: 02.11.2016).

7. Pevnev N. G. Ensuring the efficiency of LPG cars in the conditions of negative temperatures of ambient air / N. G. Pevnev, L. S. mills, M. B. Banquet // gas Filling Complex +Alternative fuel, international scientific and technical journal. – 2012. – №5(65) . – S. 12-15.

8. Device, generation HBO. [Electronic resource].URL: <http://www.lpg.ru/auto/alternative/types> (date accessed: 12.10.2016).

9. Erokhov V. I. Gas vehicles (design, calculation, diagnostics): textbook for universities / V. I. erokhov. – M.: Hot line-Telecom, 2011. – 598 p.

10. VIALLELPdi – LPG for engines with direct injection. [Electronic resource].URL: <http://gas-energy.ru/informatsiya/vialle-lpdi-gbo-dlya-dvigatelej-s-neposredstvennym-vpryskom> (date accessed: 15.10.2016).

11. Instructionpointer. Wheel мощностной-

стендLPS 3000 [Text]: D1 0524BA1-RU01 from 22.08.2013. – 108 p.

12 Rykov V. V. Mathematical statistics and experiment planning: monograph / V. V. Rykov, V. Y. Itkin. – M.: Russian state University of oil and gas. I. M. Gubkin, 2009. – 303 p.

13. Pashchenko, I. G. Excel 2007 / I. G. Pashchenko. – M.: Eksmo, 2009. – 496 p

Банкет Михаил Викторович (Омск, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры Эксплуатация и ремонт автомобилей ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, 158а, e-mail: mikhail_banket@mail.ru)

Mikhail V. Banket (Omsk, Russian Federation) – Candidate of technical Sciences, Associate professor of Department of Exploitation and repair of cars of Federal state fiscal educational institution of higher education “Siberian state automobile and highway Academy (SibADI)” (644080, Mira, 5 prospect, 158a, Omsk, Russian Federation, e-mail: mikhail_banket@mail.ru)



УДК 629.423 (075.8): 519.234

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ МАСЕЛ НА НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ КОМПРЕССОРНЫХ АГРЕГАТОВ ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА

*В.Г. Даньшин, О. Г. Гателюк, С.В. Швецов
Омский государственный университет путей сообщения (ОМГУПС), Россия, г. Омск*

Аннотация. Авторами проведены исследования группы компрессорных агрегатов, установленных на обновленный парк локомотивов. В работе авторами проведен анализ причин снижения надежности компрессорных установок, новых серий электровозов 2ЭС-6 «Синара», по сравнению с аналогичными установками подачи сжатого воздуха на электровозах старых серий ВЛ-10. Рассмотрено влияние качества смазывающих веществ на работу трущихся деталей компрессорного агрегата. Показано, что основным фактором снижения надежности, является изменение свойств смазывающих материалов в процессе эксплуатации компрессорных агрегатов.

Ключевые слова: электровоз, агрегаты компрессорные, смазывающие вещества, сравнительная надежность, расходы на ремонт.

ВВЕДЕНИЕ

В связи с обновлением парка локомотивов, в ремонтных структурах возникли проблемы с обслуживанием оборудования установленного на локомотивах новых серий 2ЭС-6 «Синара». Решение возникшей проблемы авторы видят в непосредственном внедрении коррек-

тирующих мероприятий в технологию ремонта и непосредственно изменение самого процесса обслуживания новейшего, дорогостоящего оборудования. Внедрение в практику работы депо и других ремонтных структур, позволит сэкономить значительные средства на обслуживание и продлить период безотказной работы оборудования.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ОТКАЗОВ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК

Развитие подвижного состава электрических железных дорог идет по пути увеличения силовых и скоростных характеристик при одновременном снижении их материалоемкости. Вследствие этого возникают проблемы с надежностью дорогостоящего оборудования, установленного на них. Особенно серьезной является проблема надежности установок подачи сжатого воздуха в тормозные устройства железнодорожного транспорта [8, 9].

Во-первых, она связана с суровыми климатическими условиями в Уральском и Сибирском регионах. Во-вторых, новое оборудование требует большего внимания и затрат на проведение текущих ремонтов, что является проблемой в условиях ограниченного финансирования ремонтных предприятий. В-третьих, объем выделяемых средств на ремонт новых электровазозов значительно ниже требуемого для его качественного выполнения.

Рассмотрим обозначенную выше проблему на примере компрессорных установок серий ДЭН и ВВ, установленных на электровазозах 2ЭС6.

Как показали авторы в [1], средний пробег до отказа по компрессорным установкам электровазозов приведенной выше серии за 2012-2013 годы составляет 130 тыс. км. Доля отказов компрессорных агрегатов нового типа на электровазозах 2ЭС6 достаточно велика (рис.1),

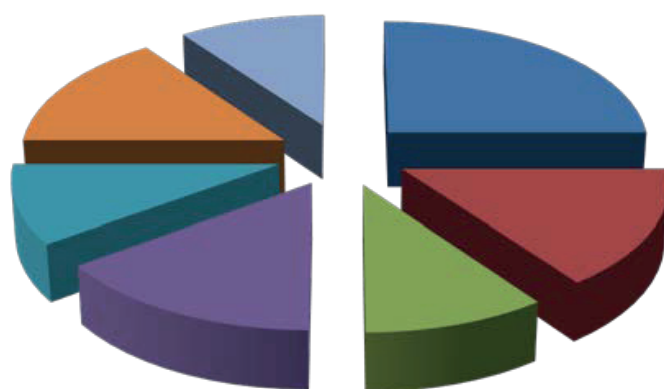
поэтому актуальными являются вопросы повышения их надежности и ремонтпригодности.

Рассматривая работу новых компрессорных агрегатов и проводя наблюдения, авторы отмечают, что старые нерешенные проблемы, которые присутствуют во всех агрегатах трения и связанных со смазывающими веществами также не решены. Анализируя собранные статистические данные, можно отметить, что отказов компрессорных агрегатов типа КТ-6 Эл, на 300 тыс. км пробега устанавливаемых на старых электровазозах серии ВЛ-10 было в два раза меньше [1]. Основные причины этой ситуации рассмотрены в данной статье.

По нашим наблюдениям из ста поставленных на текущий ремонт электровазозов 2ЭС6 «Синара», 40 локомотивов были с записью в бортовом журнале ТУ-152 «задымления в машинном отделении электровазоза при работе компрессорной установки».

Причинами такой неисправности, являются, во-первых, недостаточный уровень масла или вовсе его отсутствие в картере компрессора, а во-вторых – его перегрев. В этих случаях можно предположить, что в шнековом узле компрессора присутствовало масляное голодание, либо вскипание и изменение полезных свойств масла [2]. Из-за того, что компрессорная установка значительное время работает с недостаточным уровнем смазывающего вещества, в устройстве происходят необратимые процессы в местах наибольшего нагрева [7]:

ПРОЦЕНТНОЕ СООТНОШЕНИЕ ОТКАЗОВ ПО ВИДАМ ОБОРУДОВАНИЯ



- компрессорное 25%
- тормозное оборудование 15%
- механическое оборудование 10%
- тяговые двигатели 15%
- вспомогательные машины 10%
- электрическая аппаратура 15%

Рис. 1. Доля отказов компрессорного оборудования

1) выкипание рабочих присадок масла (эффект попадания масла на раскаленную сковороду), присутствие которых и характеризует масло как специальную жидкость для компрессорных установок. Без этих присадок необходимые свойства масла отсутствуют. Данные установки очень чувствительны к составу и номинальному уровню масла в шнековом узле. В [3] отмечено, что происходит при кратковременном отклонении рабочей температуры масла на 10 градусов.

2) также при перегреве происходит разрыв масляной пленки, что неминуемо приводит к так называемому «сухому» трению, которое повреждает рабочую поверхность шнека.

Эти причины приводят к тому, что компрессорный агрегат не подлежит ремонту, поскольку поверхность шнека обрабатывается с высокой точностью. В этом случае требуется замена всего компрессорного агрегата. Еще одной, связанной с изменениями свойств масла причиной выхода из строя установки, является нарушение времени ее рабочего цикла. В руководстве по эксплуатации [4] описан алгоритм работы компрессора, но время одного цикла работы не указано. В нем лишь имеется не совсем понятная фраза «Работа кратковременная циклическая».

Авторы провели эксперимент и измерили температуру сжатого воздуха на выходе (рис.2). В результате получены следующие результаты:

При первом цикле температура за 2 минуты поднимается от 20° до 80° С. Если через 10 минут еще раз включить компрессор на 2 минуты, то температура повышается уже до 95° С. В [3] отмечено, что при такой температуре масло не сохраняет свои смазывающие свойства, а температура воспламенения составляет 110° С. По рекомендации руководства по эксплуатации, в компрессорных установках ДЭН и ВВ нужно использовать масла только марок SHELL CORENA и MOBIL EXTRA. Из технических условий [5, 6] данных смазывающих веществ следует, что эксплуатация в компрессорных установках локомотивов перечисленных выше марок масел практически невозможна.

После нескольких циклов работы компрессора с низким уровнем масла мы получаем:

1) местный перегрев трущихся поверхностей деталей, и тем самым усиливающийся износ наиболее напряженных мест работающего узла;

2) превращение масла в лак, который прилипает к поверхности металла и уже не отво-

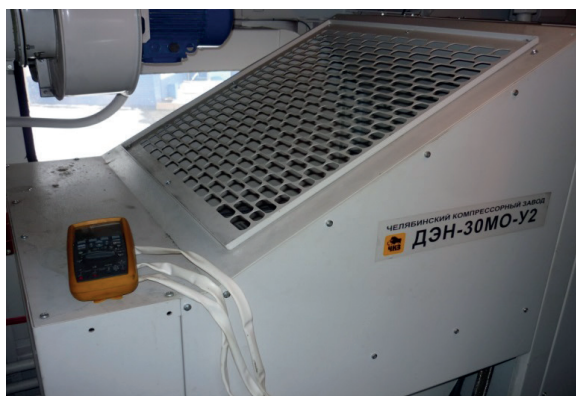


Рис. 2. Замер температуры нагнетаемого воздуха компрессора

дит тепло, а сохраняет его, т.е. полностью теряется смазывающая функция масла.

Рассматривая проблемы технических характеристик масел рекомендованных заводом изготовителем, для надежной работы установок, авторы могут с уверенностью утверждать следующее.

Во-первых, при работе компрессора масло подается под давлением из поддона шнекового блока и превращается в масловоздушную эмульсию, которая служит для образования масляного клина в сопряжениях шнека и отвода тепла от нагретых частей валов шнека. Во-вторых, при этом температура масло-воздушной смеси поднимается до значения (190-210) градусов цельсия, а при нарушении алгоритма работы и выше, что категорически недопустимо. В-третьих, по приведенной выше причине изменяется химический состав масла (интенсивное окисление, выгорание присадок, угар). Поэтому, следующий цикл работы компрессора будет происходить с нарушением норм температурного состояния, поскольку масло с измененным химическим составом не способно своевременно отводить тепло от деталей и создавать необходимый масляный клин. И в последних, при последующих включениях компрессорного агрегата, время нагнетания сжатого воздуха, до номинального давления (9,2 АТМ) увеличивается, в связи с этим еще более нарушается температурный режим работы установки, влекущий за собой дальнейшее увеличение износа компрессора.

В процессе эксплуатации сужаются или закупориваются отверстия для прохода масла, тем самым на шейке опоры создается сухое вращение, а в местах его отсутствия появляется местный наклеп более мягкого металла к более твердому. Например, на подшипниках

скольжения это выглядит так, как будто на поверхности нанесены риски. Тем самым уменьшается площадь опоры вала, и шнековый узел очень быстро выводится из строя (за несколько оборотов). Но этим не заканчиваются проблемы, связанные с маслом для компрессорных установок электровозов 2ЭС6. Известно, что одна из самых важнейших назначений масла в компрессоре - вынос продуктов износа.

В руководстве по эксплуатации [4] неконкретно пишется о периоде замены масла. Насколько оно пригодно для дальнейшего использования после 300 тысяч километров пробега неизвестно, так как химический анализ не проводится. Поскольку стоимость одной компрессорной установки составляет 4 миллиона рублей, стоит задуматься над тем, сколько можно сэкономить на ремонте при правильном подходе к эксплуатации, содержанию и обслуживанию компрессорных установок.

Стоимость масла и полной его замены составляет 30000 рублей, данная статья расхода не включена в смету ремонта, поскольку предприятие руководствуется старой программой, в которой на обслуживание одной компрессорной установки выделяется всего 1000 рублей. Проведена случайная выборка 7 электровозов, поставленных на ремонт (8.10.2015) в «СТМ-Сервис», которая показала, что во всех бортовых журналах ТУ-152 была произведена бригадой эксплуатации одна или несколько записей: «Низкий уровень масла компрессора», «Долить масло в компрессор», «Течь масла компрессора» и т.п.

По утверждению завода – изготовителя, работа дорогостоящей компрессорной установки является достаточно надежной и адаптированной к сибирским и уральским климатическим условиям. Однако, ее эксплуатация в экстремальных климатических и технических условиях показывает существенные недостатки и недоработки.

Многие специалисты рассматривали данную проблему и предлагали свои решения. Завод-изготовитель, поставляя компрессорные установки, учел многие замечания и включил их в особенности алгоритма работы установки. Но авторами были изучены статистические материалы, на основании которых можно с уверенностью утверждать, что уже в первый год (2011) эксплуатации локомотивов 2ЭС6 «Синара» [1], выявлен ряд недостатков и недоработок. Эти недоработки привели к снижению заявленного заводом-изготовителем срока наработки до отказа локомотивов, в том числе по компрессорным установкам.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании вышеизложенного необходимо внести как в алгоритм работы компрессорной установки, так и в технологический процесс ее обслуживания следующие коррективы и изменения, а именно: ввести статью расходов на обслуживание установки; при проведении глубокого технического обслуживания, необходимо контролировать качество выполненных работ специально созданной службой качества; расходные материалы и запчасти закупать только у надежных поставщиков и при этом организовывать внутренний контроль качества материалов и деталей; необходимо провести технические занятия с локомотивными бригадами по устройству, обслуживанию и правилам эксплуатации компрессорных установок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гателюк, О. В. Эксплуатационная надежность компрессорных винтовых агрегатов электровозов 2ЭС6 «СИНАРА» [Текст] / О. В. Гателюк, В. Г. Даньшин // Вестник СибАДИ. – 2015. – №2(42). – С. 11–15.
2. Чудновский, А. Л. Моторное масло как важный объект химмотологии [Текст] / А. Л. Чудновский, Б.П.Тонконогов,В.Л.Лашхи//Мирнефтепродуктов. Вестникнефтяныхкомпаний.–2014.–№2.– С. 23–27.
3. Третьяков, К. В. Анализ влияния масляного голодания на работоспособность ДВС [Текст] / К. В. Третьяков, К. А. Бадиков // Проблемы функционирования систем транспорта : материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. – Тюмень, 2015. – С. 197-202.
4. Электровоз грузовой постоянного тока 2ЭС6 с коллекторными тяговыми электродвигателями. Руководство по эксплуатации 2ЭС6.00.000.000 РЭ.
5. «Шелл» в России. – Режим доступа: <http://www.shell.com.ru/Шелл-для-бизнеса/Смазочные-материалы-для-бизнеса/Ассортимент-смазочных-материалов/shell-corena-компрессорные-масла.html> (Дата обращения 09.02.2017).
6. «Mobil». – Режим доступа: <https://www.mobil.com/Russian-RU/Commercial-Vehicle-Lube/pds/GLXXMobil-Agri-Extra-10W40> (Дата обращения 09.02.2017).
7. Гателюк, О. В. Проблемы надежности компрессорных агрегатов электровозов нового

поколения [Текст] / О. В. Гателюк, С. В. Швецов, В. Г. Даньшин / Эксплуатационная надежность локомотивного парка и повышение эффективности тяги поездов: материалы второй всероссийской научно-технической конференции с международным участием. – Омск, 2014. – С. 19-25.

8. Пат. 106197 Российская Федерация, МПК В 60 Т 17 02, В 60 Т 13 26. Компрессорный агрегат для пневматических систем подвижного состава железнодорожного транспорта

/ Г. П. Дашутин, Г. В. Кирик, П. Е. Жарков, В. И. Ивашов, П. В. Косенко, В. И. Лещенко; № 2010151886/11; дата рег. 17.12.2010.

9. Пат. 106676 Российская Федерация, МПК F 04 В 41 00. Блочный компрессорный агрегат для пневматических систем подвижного состава железнодорожного транспорта / Г. П. Дашутин, Г. В. Кирик, П. Е. Жарков, В. И. Ивашов, П. В. Косенко, В. И. Лещенко; № 2011101703/28; дата рег. 18.01.2011.

THE IMPACT OF CHANGES TO THE PROPERTIES OF THE OILS ON THE RELIABILITY OF RAILWAY ROLLING STOCK

Abstract. *The authors studied a group of compressor units mounted on an updated fleet of electric locomotives. In the work of the authors of the analysis of the causes of decline in the reliability of compressors, the new series electric locomotives 2ЭС-6 «Sinara», compared with similar installations of compressed air on old series locomotives VL-10. It is shown that the major factor in reducing reliability, is changing oiling properties of materials during the operation of the compressor units. It is shown that the main factor reducing the reliability is to change the properties of lubricating materials during the operation of the compressor units.*

Keywords: *electric locomotiv, compressor unit, lubricants, comparative reliability, repair costs.*

REFERENCE

1. Gateljuk O. V., Danshin V. G. Jekspluatacionnaja nadezhnost' kompressornyh vintovyh agregatov jelektrovozov 2JeS6 «SINARA» [Operational reliability of compressor screw units of electric locomotives 2ЭС6 "Sinara"]. Vestnik SibADI, 2015, no. 2 (42), pp. 11-15.

2. Chudnovskij A. L., Tonkonogov B. P., Lashhi V. L. Motornoe maslo kak vazhnyj obekt himmotologii [Engine oil as an important object Chemmotology]. Mir nefteproduktov. Vestnik nefjtjanyh kompanij, 2014, no 2, pp. 23-27.

3. Tret'jakov K. V., Badikov K. A. Analiz vlijanija masljanogo golodanija na rabotosposobnost' DVS [Analysis of the impact of oil starvation on the performance of ICE]. Problemy funkcionirovanija sistem transporta: materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchjonyh [Problems of functioning of transport systems: proceedings of the international scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists], 2015, pp. 197-202.

4. Jelektrovoz gruzovoj postojannogo toka 2JeS6 s kollektornymi tjagovymi jelektrodvigateljami [Electric truck DC 2ES6 with collector traction motors]. Rukovodstvo po jekspluatacii 2JeC6.00.000.000 RJe [Operating manual 2EC6.00.000.000 ER].

5. «Shell» v Rossii [“Shell” in Russian].

– Rezhim dostupa: <http://www.shell.com.ru/Шелл-для-бизнеса/Смазочные-материалы-для-бизнеса/Ассортимент-смазочных-материалов/shell-corena-компрессорные-масла.html> (Reference date 02.09.2017).

6. «Mobil». – Rezhim dostupa: <https://www.mobil.com/Russian-RU/Commercial-Vehicle-Lube/pds/GLXXMobil-Agri-Extra-10W40> (Reference date 09.02.2017).

7. Gateljuk O. V., Shvecov S. V., Dan'shin V. G. Problemy nadezhnosti kompressornyh agregatov jelektrovozov novogo pokolenija [Problems of reliability of the compressor units of the new generation of electric locomotives]. Jekspluatacionnaja nadezhnost' lokomotivnogo parka i povyshenie jeffektivnosti tjagi poezdov: materialy vtoroj vsrossijskoj nauchno-tehnicheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem [The operational reliability of the locomotive fleet and improving the efficiency of train traction: Proceedings of the Second All-Russian scientific conference with international participation], 2014, pp. 19-25.

8. Dashutin G. P., Kirik G. V., Zharkov P. E., Ivashov V. I., Kosenko P. V., Leshhenko V. I. Kompressornyj agregat dlja pnevmaticheskikh sistem podvizhnogo sostava zheleznodorozhnogo transporta [The compressor unit for pneumatic rolling stock railway transport systems]. Patent RF, no 2010151886/11, 2010.

9. Dashutin G. P., Kirik G. V., Zharkov P.

E., Ivashov V. I., Kosenko P. V., Leshhenko V. I. Blochnyj kompressornyj agregat dlja pnevmaticheskikh sistem podvizhnogo sostava zheleznodorozhnogo transporta [Block compressor unit for pneumatic rolling stock railway transport systems]. Patent RF, no 2011101703/28, 2011.

Гателюк Олег Владимирович (Россия, г. Омск) – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Высшая математика», Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС) (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: GatelukOV@omgups.ru).

Даньшин Вадим Геннадьевич (Россия, г. Омск) – инженер Сервисное Депо Московка (644058, г. Омск, Деловская 1, e-mail: D.W.ru@mail.ru).

Швецов Семен Васильевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент

кафедры «Подвижной состав электрических железных дорог» Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС) (644046, г. Омск, пр. Маркса, 35, e-mail: sevashvetsov@yandex.ru).

Gatelyuk Oleg Vladimirovich (Russia, Omsk) – candidate of physical and mathematical sciences, the associate professor “Higher mathematics”, Omsk state transport university (OSTU) (644046, Omsk, Marx Ave., 35, e-mail: GatelukOV@omgups.ru).

Danshin Vadim Gennadevich (Russia, Omsk) – Service Depot of Moskovka (644058, Omsk, Depot 1, e-mail: D.W.ru@mail.ru).

Shvetsov Semyon Vasilyevich (Russia, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor “A rolling stock of the electric railroads” Omsk state transport university (OSTU) (644046, Omsk, Marx Ave., 35, e-mail: sevashvetsov@yandex.ru).

УДК 629.331

ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ

С.В. Корнеев¹, В.Д. Бакулина¹, Р.В. Буравкин², В.И. Гурдин³

¹ФГОУ ВО «Омский государственный технический университет», Россия, г. Омск

²ОАО «Сургутнефтегаз», Россия, г. Сургут

³ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)», Россия, г. Омск

Аннотация. В статье рассматривается проблема образования отложений на деталях двигателей внутреннего сгорания. Описаны основные виды отложений в двигателях и причины их образования. Проведен анализ влияния окисления моторных масел на техническое состояние двигателей внутреннего сгорания. Автором предложено краткое описание программы-методики лабораторных исследований моторных масел, включающей в себя оценку изменений свойств моторных масел при попадании в них различных концентраций дизельных топлив.

Ключевые слова: двигатели внутреннего сгорания; моторные масла; смазочные материалы; окисление моторных масел; техническое обслуживание.

ВВЕДЕНИЕ

Основные требования, применяемые в настоящее время к эксплуатации техники с двигателями внутреннего сгорания, затрагивают энерго- и ресурсосберегающие, технико-эксплуатационные, экологические и экономические показатели.

Увеличение ресурса двигателей при сокращении расхода потребляемого топлива и уменьшение вредных выбросов в окружающую среду – основные задачи энерго- и ре-

сурсосбережения при эксплуатации двигателей внутреннего сгорания. Для решения этих задач необходимо провести изучение причин возникновения отложений на деталях двигателей во взаимосвязи с техническим состоянием топливной системы [1].

Цель работы: Повышение эффективности эксплуатации двигателей внутреннего сгорания.

Основными задачами работы являются:

1. Оценка изменений физико-химических



Рис. 1 Нагар и отложения на поверхностях головок блоков цилиндров и деталях газораспределительного механизма

свойств моторного масла при попадании в него топлива;

2. Влияние изменений свойств моторного масла на техническое состояние двигателей внутреннего сгорания;

3. Разработка рекомендаций по совершенствованию технического обслуживания ДВС.

ОТЛОЖЕНИЯ НА ДЕТАЛЯХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В процессе эксплуатации техники с применением двигателей внутреннего сгорания очень часто возникают разнообразные неисправности, такие как: падение давления масла, задиры гильз цилиндров и вкладышей, заклинивание, стук. Причиной этих неисправностей может являться накопление отложений в каналах смазочной системы двигателя [2]. На рис. 1 – 4 представлены примеры отложений на различных деталях двигателя:

- на деталях газораспределительного механизма;
- на поверхностях головок блоков цилиндров;
- в ловушке коленчатого вала;
- на деталях цилиндро-поршневой группы;
- в роторах фильтров очистки масла.

После анализа указанных неисправностей можно судить о том, что в моторном масле накапливаются продукты, забивающие масляный фильтр и ротор фильтра центробежной очистки, после чего загрязнения попадают в каналы смазочной системы. Результатом загрязнения каналов системы смазки становится уменьшение подачи масла к парам трения, повышение износа деталей кривошипно-шатунного механизма, цилиндропоршневой группы, деталей газораспределительного механизма и увеличение расхода масла.

Таким образом, отложения в двигателях можно разделить на следующие виды:

1. Нарушающие циркуляцию масла вследствие засорения сетки маслоприемников и

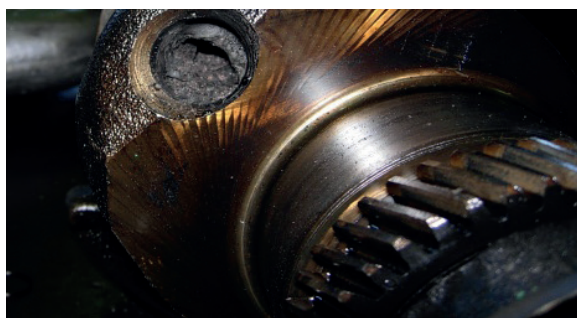


Рис. 2 Отложения в ловушке коленчатого вала

маслоподводящих каналов. Такие отложения приводят к недостаточной смазке основных узлов трения и повышенному износу подвижных деталей.

2. Способствующие преждевременному выходу из строя отдельных деталей двигателя:

- отложения на клапанах, приводящие к пригоранию и пригару клапанов;
- отложения в зоне поршневых колец, вызывающие их закоксовывание;
- отложения нагара в камере сгорания, приводящие к потере мощности, детонации и неуправляемому сгоранию [3].

В зависимости от температуры двигателей все указанные виды отложений можно разделить на 3 группы [4]:

1. Высокотемпературные;
2. Среднетемпературные;
3. Низкотемпературные.

Причиной образования высокотемпературных отложений является низкая стабильность и недостаточные моющие свойства масел. Низкотемпературные образования связаны с попаданием в масло несгоревшего топлива, воды, сажи.

ВЛИЯНИЕ ОКИСЛЕНИЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ НА ОБРАЗОВАНИЕ ОТЛОЖЕНИЙ

Исходя из указанных причин образования отложений в двигателях, можно судить о том,

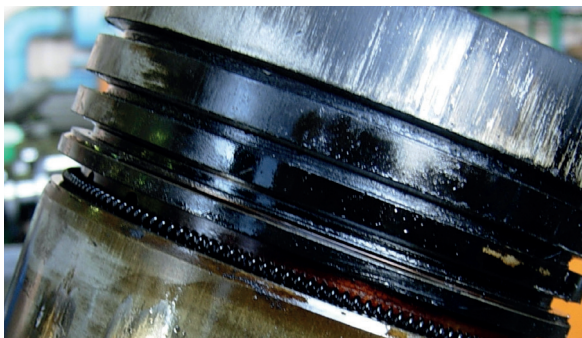


Рис. 3 Отложения на поверхностях цилиндра-поршневой группы



Рис. 4 Отложения на стенках центробежного фильтра очистки масла

что особое влияние на этот процесс оказывает изменение свойств моторных масел, возникающих во время использования.

Одной из причин изменения эксплуатационных свойств масел является их окисление. Отмечается несколько типов окисления:

1. Окисление в результате взаимодействия с кислородом воздуха;
2. Окисление в результате взаимодействия с продуктами горения;
3. Окисление в зоне контакта масла с нагретыми деталями;
4. Окисление в результате накопления воды, остатков топлива и некоторых его компонентов [5].

Окисление масел вызывает увеличение вязкости, повышение кислотного числа, загрязнение деталей, лаковые отложения и нагарообразование, а также отрицательно влияет на срабатывание присадок [6].

Одним из самых распространенных методов тестирования параметров старения масел являются испытания на стабильность к окислению. Окисляемость оценивается на аппарате АПСМ-1М (рис. 5) в соответствии с ГОСТ-981-75.

Метод испытания стабильности масел против окисления основан на воздействии кислорода на масло в присутствии катализатора (медная пластинка со стальной спиралью), который используют для увеличения скорости

окисления и, тем самым, уменьшения времени испытания.

Большое влияние на процесс окисления моторных масел оказывают продукты неполного сгорания топлива, попадающие в масла в процессе эксплуатации [7]. Легкие углеводороды имеют более высокие скорости окисления, что тянет за собой окисление более тяжелых соединений. Также катализаторами окисления в двигателях являются: частицы металлов и загрязнений неорганического происхождения, которые скапливаются в масле из-за износа деталей двигателя; соединения железа, меди и других металлов, появляющиеся как результат взаимодействия изношенного металла с органическими кислотами.

Особо опасное воздействие оказывает попадание в масло фракций дизельного топлива, обладающего низкой стабильностью к окислению [8]. Загрязненное топливом масла окисляются с высокой скоростью с образованием отложений частиц углерода и органических кислот, ухудшающих их качество.

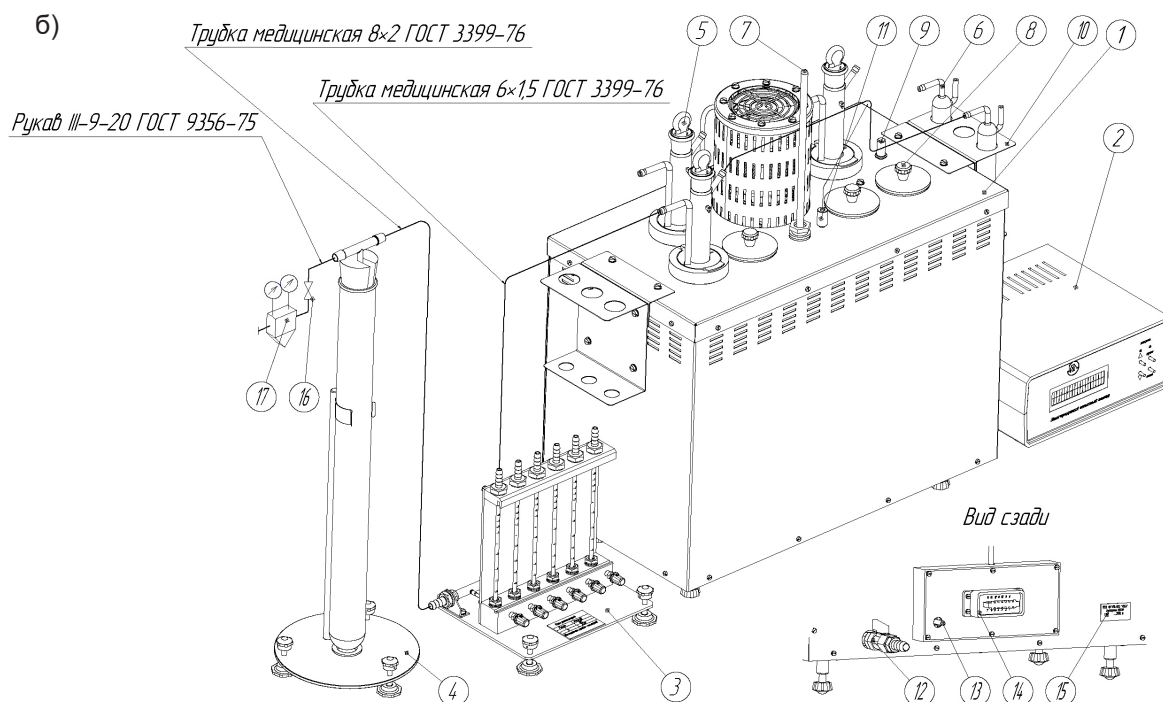
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для решения поставленных задач предлагается использование разработанной программы-методики, которая включает в себя исследование изменений следующих показателей:

- оценка изменений плотности, вязкости,



Рис.5. Аппарат для определения стабильности масел: а) общий вид; б) схема: 1 – термостатирующая баня; 2 – блок управления; 3 – блок ротаметров; 4 – моностат; 5 – прибор ВТИ; 6 – приёмная ловушка; 7 – контрольный термометр; 8 – заглушка; 9 – щуп; 10 – штатив; 11 – электронный датчик температуры; 12 – кран; 13 – терморегулятор; 14 – розетка РШАГКУ-14-1; 15 – заводская табличка.



температуры вспышки, образования продуктов окисления углеводородов при попадании в моторное масло различных концентраций дизельных топлив;

- влияние обнаруженных изменений на техническое состояние двигателя.

На основании данных по изменению показателей качества, которые будут результатом исследований, станет возможной разработка рекомендаций по совершенствованию технического обслуживания двигателей внутреннего сгорания, целью которых будет увеличение их ресурса с сокращением потребления топлива и смазочных материалов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Исследование образования отложений на деталях двигателей внутреннего сгорания /

В.Д. Бакулина / Концепции фундаментальных и прикладных научных исследований: сборник статей Междунар. науч.-техн. конф. (13 ноября 2016г., г. Омск). В 3 ч. Ч. 2 / Уфа: МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2016. – С. 3-4.

2. Двигатели внутреннего сгорания: Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей : учебник для студентов вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / В.П. Алексеев, В.Ф. Воронин, Л.В. Грехов и др.; под общ.ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1990. – 288 с.: ил.

3. Моторные масла и смазка двигателей: Учебное пособие / С.В. Беляев. – Петрозаводск, 1993. – 70с.

4. Моторные масла / Р. Балтенас, А.С. Сафонов, А.И. Ушаков, В. Шергалис. – М. ; СПб. : Альфа-Лаб, 2000. – 272с.

5. Влияние окисления моторных масел на техническое состояние двигателей внутреннего сгорания / С.В. Корнеев, В.Д. Бакулина // Новая наука: опыт, традиции, инновации: Междунар. науч. периодич. издание по итогам Междунар. науч.-практ. конф. (12 декабря 2016г., г. Омск). В 3 ч. Ч. 3 / Стерлитамак: АМИ, 2016. – С. 124-125.

6. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение : справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов и др.; Под ред. В.М. Школьников.

– 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. – 596 с.: ил.

7. Венцель, С.В. Применение смазочных масел в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Химия, 1979 г. – 240с.

8. Смазочные материалы. Производство, применение, свойства : справочник / пер. с англ. под ред. В. М. Школьников; под ред. Т. Манга, У. Дрезеля. - 2-е изд. - СПб. : Профессия, 2012. - 943 с. : рис., табл.

THE PROBLEM OF CONTAMINATION OF ENGINE PARTS

Abstract. This article considers the problem of formation of deposits on the parts of internal combustion engines. Describes the main types of deposits in engines and reasons for their formation. The analysis of influence of oxidation of motor oils on the technical condition of internal combustion engines. The author offers a brief description of the program-methods of laboratory research of engine oils, including the evaluation of changes in properties of motor oils in contact with different concentrations of diesel fuels.

Keywords: internal combustion engines, engine oils, lubricants, oxidation of engine oils, maintenance.

REFERENCES

1. Bakulina V.D. The research of the formation of deposits on the parts of internal combustion engines // Концепции фундаментальных и прикладных исследований. – Ufa: OMEGA SAINS, 2016. – р. 3-4.

2. Baltenas R., Safonov A.S., Ushakov A.I. Engine oils. – М.- St. Petersburg, 2000. – 272 p.

3. Belyaev S.V. Engine oils and lubrication of engines. – Petrozavodsk, 1993. – 70 p.

4. Alekseev V.P., Voronin V.F., Grexov L.V. Internal combustion engines: the structure and operation of piston and combined engines. – М.: Mechanical engineering, 1990. – 288 p.

5. Fuel, lubricants, technical liquids. Assortment and application: directory / I.G. Anisimov, K.M. Badishtova, S.A. Bnatov. – М.: Publishing center «Techinform», 1999. – 596 p.

6. Ventsel S.V. The use of lubricating oils in internal combustion engines. – М.: Chemistry, 1979. – 240 p.

7. Korneev S.V., Bakulina V.D. The effect of oxidation of motor oils on the technical condition of internal combustion engines // Novaya nauka: opit, tradicii, innovacii. – Sterlitamak: АМИ, 2016. – P. 124-125.

8. Lubricants. The production, use, properties: directory / V.M. Sholnikov, T. Mang, U. Drezel. – St. Petersburg: Profession, 2012. – 943 p.

Корнеев Сергей Васильевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, профес-

сор, профессор кафедры «Химическая технология и биотехнология» ФГОУ ВО «Омский государственный технический университет» (644050, г.Омск, пр. Мира, 11, e-mail: nhi@omgtu.ru).

Бакулина Вера Дмитриевна (Россия, Омск) – аспирант, инженер кафедры «Химическая технология и биотехнология» ФГОУ ВО «Омский государственный технический университет» (644050, г.Омск, пр. Мира, 11, e-mail: ver-bakulina81@mail.ru).

Буравкин Руслан Валерьевич (Россия, Сургут) – кандидат технических наук, начальник отдела запасных частей внешнеэкономического управления ОАО «Сургутнефтегаз» (628415, ХМАО-Югра, г. Сургут, ул. Григория Кукуевицкого, 1, корп. 1)

Гурдин Виктор Иванович (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт автомобилей» ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)» (644080, г.Омск, пр. Мира, 5).

Korneev Sergey Vasilevich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor department of chemical technology and biotechnology of The Omsk State Technical University (644050, Mira, 11 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: nhi@omgtu.ru).

Bakulina Vera Dmitrievna (Russian Federation, Omsk) - graduate student, engineer department

of chemical technology and biotechnology of The Omsk State Technical University (644050, Mira, 11 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: ver-bakulina81@mail.ru).

Buravkin Ruslan Valeryevich (Russian Federation, Surgut) – candidate of technical sciences, head of spare parts Department of foreign economic management department of OJSC “Surgutneftgas” (628415, Grigoriya

Kukuevichkogo, 1, building, 1, Surgut, HMAO-Yugra, Russian Federation).

Gurdin Viktor Ivanovich (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor department of maintenance and repair of motor vehicles Siberian State Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 11 prospect, Omsk, Russian Federation).

УДК 629.3.081.3

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ДВС СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Г.Г. Мусаелянц, Е.А. Павленко, Д.К. Сысоев

Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Кавказский федеральный университет» в г. Пятигорске

Аннотация. Диагностическая практика показывает, что с каждым годом с целью повышения экологической безопасности происходит усложнение конструкции двигателей и его систем, и в частности электронных систем управления. В связи с этим диагностика автомобиля переходит на новый уровень экспертного диагностирования, возможный только профессионалам в данной области. Для решения этой сложной задачи разрабатывается большое количество приборов, которые фактически выдают информацию в виде численных значений диагностических параметров без указания на конкретные неисправности. В ходе анализа полученной информации, основываясь на своём опыте и квалификации, эксперт-диагност может сделать заключение о возможной неисправности, однако такой подход является достаточно трудоёмким, дорогостоящим и недостаточно точным. В статье рассматриваются способ и комплекс диагностирования, позволяющие безошибочно определять конкретные неисправности двигателя и его систем на основе экспертной системы. Поступающие данные в виде максимально информативных диагностических параметров от сканера, осциллографа и газоанализатора, обрабатываются по заложенному в комплекс способу, заключающемся в определении интегральных показателей, характеризующих конкретные неисправности. В процессе работы диагностического комплекса формируется технологическая карта по устранению неисправности, производится калькуляция стоимости ремонта и в случае выявления новые неизвестные комплексу неисправности вносятся в базу данных. Данная функция позволяет самостоятельно расширять базу данных о возможных неисправностях двигателя и его систем, и тем самым точно определять конкретные неисправности и значительно сокращать трудоёмкость диагностических работ и их стоимость.

Ключевые слова: диагностика двигателей внутреннего сгорания; диагностические параметры; диагностический комплекс; база данных; интегральный показатель неисправности.

ВВЕДЕНИЕ

За последние десятилетия в автомобильной промышленности произошел качественный прорыв в развитии электронных систем управления, которые позволяют внедрять новые технологии, связанные с управлением и

контролем работы автомобиля и его систем [1]. Основным направлением развития является совершенствование электронной системы управления двигателем автомобиля с целью повышения его эксплуатационной надёжности и экологической безопасности. Для оценки уровня технического состояния двигателя

и его систем применяют большое количество диагностических устройств [2, 3, 4]. Наиболее эффективными из них являются диагностические комплексы, позволяющие считывать и отображать диагностические параметры конкретных переменных величин, по которым можно судить о техническом состоянии двигателя и его систем и выявлять их определённые неисправности [5].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Современные диагностические комплексы фактически выдают информацию в виде численных значений диагностических параметров без указания конкретных неисправностей, которые выявляются в ходе анализа этих параметров экспертом, проводящим диагностирование, что требует соответствующей подготовки специалистов (диагностов) и связано с достаточно высокими трудоёмкостью и стоимостью диагностических работ.

Из известных диагностических комплексов в настоящее время наиболее совершенным является универсальный диагностический комплекс DTS-25 [6], предназначенный для использования на специализированных (дилерских) автоцентрах, универсальных автоцентрах и СТО, а также непосредственно на постах диагностики системы управления двигателем и на участках приемки автомобилей в ремонт.

Данный диагностический комплекс работает по способу, заключающемуся в измерении при определенном режиме работы двигателя и его системы управления диагностических параметров (содержание несгоревших углеводородов, оксида углерода, диоксида углерода и кислорода в отработавших газах; коэффициент избытка воздуха; напряжение бортовой сети; угол опережения зажигания; угол замкнутого состояния контактов; напряжение пробоя на свече зажигания, напряжение и время горения искры); оценке измеренных параметров на предмет соответствия нормам, установленным производителем для исправного автомобиля и имеющимся в базе данных; выявлении совокупности параметров, не соответствующих установленным нормам; анализе возможных неисправностей двигателя и системы управления двигателем (СУД), приводящих к отклонению параметров от нормы; формировании технологической карты ремонтных работ согласно документации производителя и калькуляции стоимости ремонта. Недостатком этого способа является то, что в качестве ди-

агностических параметров электронной системы управления двигателем (ЭСУД) приняты только угол опережения зажигания и угол замкнутого состояния контактов, не учитывая ряд других важных параметров, позволяющих более точно определять техническое состояние ЭСУД. Кроме того, данный способ позволяет выявить только перечень подсистем, а не конкретные неисправные элементы, что приводит к длительной процедуре поочередной проверки всех элементов каждой подсистемы.

Исходя из вышеизложенного, с целью выявления конкретных неисправностей элементов ЭСУД нами разработан способ диагностирования двигателя внутреннего сгорания и диагностический комплекс для его осуществления.

Способ диагностирования заключается в следующем.

На автомобиле конкретной марки при определенных неисправностях $D_1, D_2, D_3, \dots, D_m$ замеряется ряд диагностических параметров $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, которые наиболее полно характеризуют работу двигателя и его систем [7, 8].

Полученные абсолютные значения параметров $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ переводятся в троичную систему измерений.

Если измеренное значение диагностического параметра x_i соответствует условию

$x_{i\max} \geq x_i \geq x_{i\min}$, т. е. оно находится внутри допустимого предела, то это значение в троичной системе измерений принимает значение,

равное 0 ($x'_i = 0$). Если абсолютное значение

параметра x_i соответствует условию $x_i <$

$x_{i\min}$, то в троичной системе измерений оно

обозначается как $x'_i = -1$. Если же $x_i > x_{i\max}$

, то $x'_i = +1$. На основании нормативных предельных значений диагностических параме-

тров x_{\max} и x_{\min} , установленных производителем, подсчитывается среднеарифметическое из предельных значений каждого параметра по формуле

$$x_{н.ср.i} = \frac{x_{i\max} + x_{i\min}}{2} \quad (1)$$

После перемножения значений x'_i и $x_{н.ср.i}$

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

и сложения полученных произведений подсчитывается предлагаемый интегральный показатель неисправности

$$H_D = x_1^1 x_{н.ср.1} + x_2^1 x_{н.ср.2} + x_3^1 x_{н.ср.3} + \dots + \sum_1^j j x_{12j}^1 x_{н.ср.12} + \dots + x_n^1 x_{н.ср.n} \quad (2)$$

Слагаемое $\sum_1^j j x_{12j}^1 x_{н.ср.12}$, в котором j – номер цилиндра, а x_{12}^1 – напряжение пробоя между электродами свечи зажигания, позволяет выявить неисправности, касающиеся конкретных цилиндров.

Если диагностируется исправный автомобиль, то значения диагностических параметров $x_1^1, x_2^1, x_3^1, \dots, x_{12}^1, \dots, x_n^1$ равны нулю и, как следствие, равен нулю интегральный показатель неисправностей. При наличии любой неисправности, вызывающей отклонения параметров x_i за их нормативные пределы, показатель H_D принимает отличающееся для каждой неисправности значение. При наличии же неисправности, касающейся конкретного цилиндра, например второго, в

слагаемом $\sum_1^j j x_{12j}^1 x_{н.ср.12}$ формулы (2) значения диагностического параметра равны

$x_{12.1}^1 = x_{12.3}^1 = x_{12.4}^1 = \dots = x_{12.j}^1 = 0$, а $x_{12.2}^1 \neq 0$. Само же слагаемое принимает вид

$2x_{12.2}^1 x_{н.ср.12}$; при наличии неисправности в третьем цилиндре это слагаемое равно $3x_{12.3}^1 x_{н.ср.12}$ и т.д. Таким образом, интегральный показатель неисправностей H_D принимает отличающиеся значения не только для каждой неисправности, но и неисправности, имеющей место в каждом конкретном цилиндре. Вычисленные для каждой неисправности, в том числе и для неисправности, имеющей место в каждом конкретном цилиндре, интегральные показатели вместе с именем неисправности вносятся в соответствующую базу данных диагностического комплекса.

Предлагаемый диагностический комплекс (рис. 1) включает в себя базу А данных с нормами на диагностические параметры данного

автомобиля и базу В данных с возможными неисправностями ЭСУД и элементов двигателя, а также алгоритм С работы комплекса со следующими операциями:

- 1) подключение приборов к автомобилю;
- 2) измерение диагностических параметров ЭСУД и элементов двигателя;
- 3) оценка измеренных параметров на предмет соответствия нормам, установленным производителем для исправного автомобиля, и перевод этих параметров в троичную систему измерений;
- 4) определение интегрального показателя неисправности, сравнение его с численными значениями, имеющимися в базе данных с возможными неисправностями ЭСУД и элементов двигателя, и выявление конкретной неисправности;
- 5) формирование технологической карты ремонтных работ согласно документации производителя;
- 6) выявление новой (неизвестной базе данных) неисправности в ходе ремонтных работ и формирование дополнительной технологической карты;
- 7) создание имени новой выявленной неисправности;
- 8) калькуляция стоимости ремонта, исходя из выбранного метода начисления стоимости ремонта.

Работа диагностического комплекса осуществляется следующим образом. Производится подключение измерительных приборов к автомобилю и персональному компьютеру с определённым программным обеспечением, базой данных с нормами на диагностические параметры данного автомобиля и базой данных с возможными неисправностями ЭСУД элементов двигателя.

Сигналы измеренных диагностических параметров поступают в персональный компьютер, где программным обеспечением производится сравнение измеренных параметров с нормативными значениями, приведёнными в соответствующей базе данных, и даётся их оценка на предмет соответствия установленным нормам, на основании чего производится перевод этих параметров в троичную систему измерений и определяется интегральный показатель неисправности.

Если все измеренные диагностические параметры в троичной системе измерений равны нулю, то они соответствуют установленным нормам, что свидетельствует об исправности автомобиля. При наличии любой неисправности, как минимум, хотя бы один из параметров в троичной системе измерений равен +1 или -1. Поэтому подсчитанный интегральный показатель неисправности будет иметь конкретное численное значение, соответствующее конкретной неисправности. При этом программ-

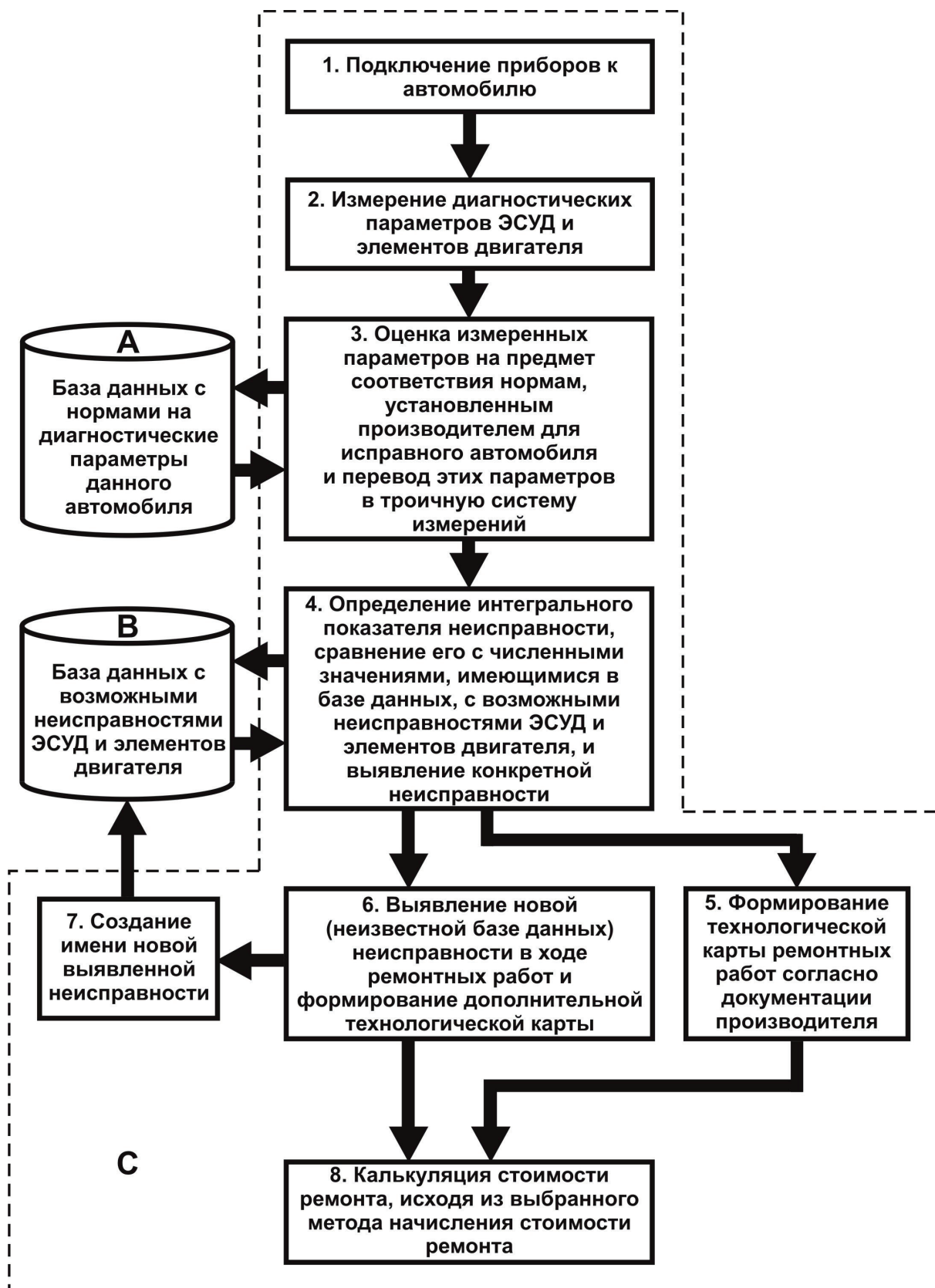


Рис. 1. Структурная схема предложенного диагностического комплекса

ное обеспечение производит сравнительный анализ данного значения со значениями, находящимися в базе данных В. При совпадении данного значения интегрального показателя с одним из показателей базы данных В программа называет имя неисправности и формирует технологическую карту ремонтных работ, на основании чего составляется калькуляция стоимости ремонта. Если же рассчитанный интегральный показатель неисправности не совпадает ни с одним из показателей базы данных В, то это свидетельствует об отсутствии соответствующей неисправности в базе данных. Имя этой неисправности устанавливается в ходе ремонтных работ и включается в базу данных вместе с соответствующим интегральным показателем неисправности, а также формируется дополнительная технологическая карта, по которой производится калькуляция стоимости ремонта по устранению этой неисправности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный способ диагностирования двигателя внутреннего сгорания и диагностический комплекс для его осуществления позволяют точно выявлять конкретные неисправности и значительно сокращать трудоёмкость диагностических работ и их стоимость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сосонин, Д. А. Новейшие автомобильные электронные системы : учебн. пособие / Д.А. Сосонин, В.Ф. Яковлев. – М. : СОЛОН – Пресс. 2005. – 240 с.
2. Борщенко, Я. А. Разработка алгоритмов диагностирования систем автомобиля на основе применения обучаемых деревьев решений / Я.А. Борщенко, В.И. Васильев // Повышение эффективности и безопасности автотранспортных средств в эксплуатации : сборник научных трудов. – Курган: КГТУ, 2005. – С. 19-22.
3. Власов, В. М. Применение интеллектуальных телематических систем для оперативной оценки технического состояния автотранспортных средств / В.М. Власов, В.Н. Богумил, С.В. Жанказиев, А.Б. Смирнов // Автотранспортное предприятие. – 2007. – №9. – с. 50-53.
4. Ястребов, А. И. Компьютерная система диагностики электрического оборудования автомобиля, основанная на моделях искусственного интеллекта / А.И. Ястребов, А.И. Гавриков // Автомобиль и техносфера: IV Межд. науч. конф. – Казань : КГТУ, 2005. – С. 319–321.
5. Павленко, Е.А. Экспертная система как основа развития автономного диагностирования автомобильных двигателей / Е.А. Павленко, А.М. Макаров // Контроль. Диагностика. – 2009. – № 1. – С. 43-47.
6. Универсальный диагностический комплекс DTS–25. Холдинг ДИАМАКС. Интернет ресурс <http://mosdialab.ru>
7. Корчагин, В.А. Статистико-математическая модель корреляционной связи диагностических параметров двигателей внутреннего сгорания / В.А. Корчагин, Г.Г. Мусаелянц, Е.А. Павленко // Автотранспортное предприятие. – 2010. – № 4. – С. 38–40.
8. Баженов, Ю. В. Распознавание состояния системы с учётом разброса значений диагностических параметров / Ю.В. Баженов, Р.В. Нуждин, В.П. Фролов, С.Ю. Емелин. – Владимир : ВГТУ, 2002. – С. 34–36.

DIAGNOSTIC COMPLEX FOR IDENTIFYING FAULTS OF MODERN CARS ENGINES

Annotation. *Diagnostic practice shows that every year in order to improve environmental safety becomes more complicated engine design and its systems, and in particular the electronic control systems. As a result, a vehicle diagnosis proceeds to the next level expert diagnosis, possible only to professionals in this field. For solution of this complex problem a large number of devices are developed that actually generate information in the form of numerical values of diagnostic parameters without reference to the specific fault. During the analysis of the information received, based on his experience and expertise, an expert diagnostician can make a conclusion about a possible malfunction, but this approach is quite labor-consuming, costly and not sufficiently precise. A method and a set of diagnostics, allowing to accurately identify the specific fault of the engine and its systems based on expert system is discussed in this article. Incoming data as much as possible informative diagnostic parameters of the scanner, oscilloscope and az analyzer, processed on put in complex method which consists of determining the integral indicators characterizing specific problem. In operation of diagnostic complex, manufacturing plan for troubleshooting is formed, costing repair is made and in case of new, previously unknown complex faults are entered in the database. This function allows you to expand your own database of*

possible malfunctions of the engine and its systems, and thus determine exactly specific problems and significantly reduce labor-consuming of diagnostic work and their cost.

Keywords: diagnosis of internal combustion engines; diagnostic parameters; diagnostic complex; database; integrated indicator of malfunction.

Мусаелянц Геннадий Гургенович (Россия, Кисловодск) - доктор технических наук, профессор кафедры «Транспортных средств и процессов» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357700, г. Кисловодск, ул. Крупской 45, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Павленко Евгений Александрович (Россия, Пятигорск) - кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортных средств и процессов» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357528, г. Пятигорск, Садовый туп. 11, e-mail: evgeneip@bk.ru).

Сысоев Дмитрий Константинович (Россия, Пятигорск) - кандидат технических наук, доцент кафедры «Транспортных средств и процессов» ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Институт сервиса, туризма и дизайна (филиал) СКФУ в г. Пятигорске (357500, г. Пятигорск, ул. Крайнего 6, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Musayelyants Gennady Gurgenovitch (Russian Federation, Kislovodsk) - doctor of technical sciences, professor of the Department vehicles and processes North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357700, Kislovodsk, Krupskaya Str. 45, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

Pavlenko Evgeniy Aleksandrovich (Russian Federation, Pyatigorsk) - candidate of technical sciences, associate professor of the Department vehicles and processes North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357528, Pyatigorsk, Sadovyy impasse 11, e-mail: evgeneip@bk.ru).

Sysoyev Dmitriy Konstantinovich (Russian Federation, Pyatigorsk) - candidate of technical sciences, associate professor of the Department vehicles and processes North Caucasus Federal University, Institute of Service, Tourism and Design (branch of NCFU in Pyatigorsk) (357500, Pyatigorsk, Str. Kraynego 6, e-mail: kaf-tsp@pfncfu.ru).

УДК 625.1

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов, Е.С. Семенова
Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)

Аннотация. В данной статье рассматривается новая модель управления транспортными потоками на основе комплексного анализа транспортных и пассажирских потоков, применение которой позволит снизить загрузку улично-дорожной сети (УДС). При этом решаются следующие основные задачи: обоснование показателей и критериев системы транспортного обслуживания населения города, разработка алгоритма расчета вариантов загрузки УДС города. Излагается методика управления загрузкой транспортной сети города путем оптимизации состава транспортного потока и использования нового критерия – коэффициента загрузки улично-дорожной сети УДС от различных видов пассажирского транспорта, включая индивидуальный. На основе предлагаемого алгоритма расчета загрузки магистральной сети города, с учетом объемов пассажирских перевозок, представлена количественная оценка вариантов развития систем городского пассажирского транспорта (ГПТ) в городах РФ.

Ключевые слова: маршрутная сеть города, пассажирский транспорт, подвижной состав, транспортная инфраструктура, провозная способность, приведенный пробег, эффективность, доступность, безопасность, транспортная загрузка, улично-дорожная сеть.

ВВЕДЕНИЕ

Крупные города РФ испытывают большие транспортные проблемы. Основная причина этого – отставание в развитии транспортной сети. В результате перехода к рыночной экономике изменились условия функционирования транспортных систем, что в условиях отсутствия нормативно-правовой базы и современного инструментария для управления транспортными и пассажирскими потоками принесло хаос на наши дороги. Принятие ФЗ № 220 от 13.07.2015 г. [1] создало основу нормативно-правовой базы управления загрузкой УДС, однако методический и программный инструментарий требует совершенствования.

Для реализации поставленных проблем планируется решить следующие основные задачи: обосновать показатели и критерии системы транспортного обслуживания населения города; построить модель транспортного обслуживания населения города; разработать алгоритм расчета вариантов загрузки УДС города.

Фундаментальность методики определяется использованием теоретических основ формирования транспортных процессов, это: теория транспортных потоков, теория массового обслуживания, теория принятия решений, теория нечетких множеств, теория искусственных нейронных сетей, основы транспортной логистики.

В транспортной науке существуют различные теории, в которых рассматриваются пассажирские, грузовые, автомобильные и пешеходные потоки. Пока они мало связаны между собой, но жизнь заставляет идти по пути интеграции транспортной науки. Наш опыт показывает, что это приносит значительный эффект.

Теория транспортных потоков возникла в период автомобилизации США в 1920-1930-е годы. Затем в Европе появилась теория пассажирских потоков.

Значительный вклад в развитие теории транспортных потоков внесли Дрю Д., Иносе Х., Клинковштейн Г.И., Сильянов В.В. Развитием теории пассажирских потоков занимались у нас Зильберталь А.Х., Фишельсон М.С., Самойлов Д.С., Круглов Ю.В., Сафронов Э.А. Настало время объединения этих направлений с целью повышения эффективности науки. В последние годы в СИБАДИ ведется работа в данном направлении, выполнен ряд грантов и контрактов, где накоплен положительный опыт, нуждающийся в анализе и научном обобщении. Публикации Сафронова Э.А., Бирюкова В.В., Приваловой Ю.И., Сафронова К.Э и Семеновой Е.С. за 2011-2016 гг. посвящены этим вопросам.

Сравнение наших разработок с зарубежными исследованиями показали следующее. За рубежом в основном работы ведутся над крупными инновационными проектами на базе легкорельсового транспорта (ЛРТ), которые используются в городах Европы и США. (Кельн, Штутгарт, Сан-Франциско, Лос-Анджелес). Эти проекты требуют огромных вложений. В наших городах в условиях кризиса целесообразно повышать эффективность существующих систем ГПТ за счет использования новых научных подходов и методик, позволяющих оптимизировать работу всех звеньев системы [2].

Наиболее известным зарубежным специалистом в сфере транспортных систем является проф. Пенсильванского университета В. Вучик, который участвовал в разработке новых систем ЛРТ в США и Европе [3]. Он также принимал участие в разработке проекта новой транспортной системы города Омска на базе ЛРТ. Проект прошел общественное обсуждение в Омске. Однако, в связи с финансовыми проблемами, его реализация отложена. В этих условиях необходимо поддержание систем ГПТ в наших городах в рабочем состоянии, используя новые научные методы.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

Новые подходы необходимо рассматривать по двум направлениям – инновационные методы транспортных исследований и инновационные методы развития систем ГПТ.

По первому направлению предлагаются методы определения показателей транспортной системы с помощью видеосъемок, камер наблюдения, спутниковых снимков, электронных приборов, системы ГЛОНАСС и др. В результате можно получить данные о пассажирских и транспортных потоках, работе остановочных пунктов (ОП), маршрутной сети, загрузке и составе потоков на УДС. Для качественной оценки работы ГПТ со стороны населения необходимо проводить интернет-опросы через сайты администраций городов с автоматизированной обработкой материалов.

По второму направлению предполагается использовать новые подходы развития ГПТ на перспективу, включая транспортную сеть (ТС), маршрутную сеть (МС) и подвижной состав (ПС). Модель формирования транспортных потоков на УДС города, в основе которой лежит условие: повышение производительности ГПТ при снижении загрузки главных магистралей, учитывает комплекс взаимосвязанных показателей в си-

стеме: население – транспортная подвижность – пассажиры – пассажиропотоки – виды ГПТ – транспортные потоки – УДС (рис. 1) [4].

В последние годы состав транспортных потоков в городах РФ значительно изменился. Появилось много пассажирского транспорта особо малой вместимости, стал сокращаться муниципальный транспорт, изменилась система дотирования пассажирских перевозок. В отдельных городах коммерческий транспорт полностью занял рынок пассажирских перевозок. Развитие законодательства в сфере пассажирских перевозок предусматривает регулирование и управление данным процессом, однако организаторам перевозок на муниципальном уровне кроме этого необходимы инструменты, позволяющие измерять и доводить до оптимальных параметров систему, включающую пассажирские и транспортные потоки, которые формируют загрузку УДС, состояние которой за счет скорости передвижения транспорта напрямую влияет на качество обслуживания пассажиров и экономику города.

Разработка модели управления транспортными потоками позволит учесть интересы населения в транспортном обслуживании и решить задачи снижения транспортных потоков при росте пассажирских перевозок. Это позволит гармонизировать запросы населения с показателями работы и загрузкой УДС на основе теорий транспортных потоков, нейронных сетей и нечетких множеств. В итоге это позволит моделировать разнообразные варианты развития систем пассажирского транспорта в городах РФ.

Актуальность темы исследований заключается в обострении транспортных проблем в крупных городах РФ, вызывающих огромный ущерб для народного хозяйства за счет заторов, ДТП, экологии, шума, потерь городских территория, недоступной транспортной инфраструктуры.

Изменения, произошедшие на транспорте в городах РФ в связи с переходом на рыночную экономику, до сих пор не учитываются при разработке программ развития ГПТ в связи с недостаточно развитой инструментальной и методической базой. Это является основой для теоретического обоснования модели управления транспортными потоками.

Модель управления транспортными потоками учитывает параметры транспортного обслуживания населения и используется для снижения загрузки УДС путем рационального развития системы ГПТ. Для этого в модель планируется включить показатели работы системы ГПТ, а в качестве критериев – произво-

дительность МС и уровень загрузки УДС [5].

Важным вопросом в условиях рынка является определение спроса населения на транспортное обслуживание. Для этого планируется использовать натурные обследования для определения реальных показателей работы ГПТ и интернет-опросы по специально разработанным анкетам для определения качества транспортного обслуживания населения.

Основным критерием при моделировании процесса транспортного обслуживания населения является коэффициент загрузки УДС различными видами ГПТ, т.е. отношение приведенного пробега ГПТ к объему перевозок, установленного для конкретного города путем натурных обследований с использованием современных технологий. Отдельные методические подходы были апробированы в ряде городов Сибири.

Ниже приводится расчет загрузки магистральной сети города.

1. Предлагаемая работа по видам транспорта:

$$P_{mi} = l_{ni} * \Omega_i * N_{pci} * N_{pi}, \quad (1)$$

где P_T – предлагаемая работа по видам транспорта, место-км; l_{ni} – длина рейса в 1 направлении, км; Ω_i – вместимость i -го транспортного средства (ТС), мест; N_{pci} – количество ТС, N_{pi} – количество рейсов в сутки, ед.

2. Использованная работа по видам транспорта:

$$P_{ui} = P_{mi} * K_{ni}, \quad (2)$$

где P_{i} – использованная работа по i -м видам транспорта, пасс.-км; K_{ni} – коэффициент наполнения салона.

3. Объем перевозок по видам транспорта:

$$A_i = P_{ui} / l_{ni}, \quad (3)$$

где A_i – объем перевозок по i -м видам транспорта, пасс.; l_{ni} – средняя дальность маршрутной поездки, км.

4. Приведенный пробег:

$$W_{при}^i = W_i * K'_{при}, \quad (4)$$

где $W_{при}^i$ – приведенный пробег, авт.-км; W_i – пробег i -го вида транспорта, маш.-км.; $K'_{при}$ – коэффициент приведения различных видов транспорта к условному легковому автомобилю.

5. Коэффициент загрузки УДС по видам транспорта:

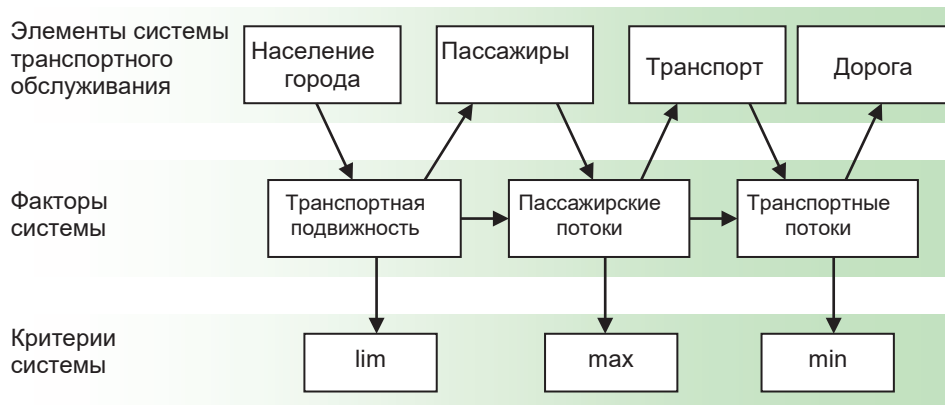


Рис. 1. Модель системы транспортного обслуживания населения

$$R_i = W_{i пр} / A_i, \quad (5)$$

где R_i – коэффициент загрузки УДС по i -му виду транспорта, авт. км / пасс.

6. Приведенный коэффициент загрузки УДС по видам транспорта:

$$\Delta R_i = R_i / R_{об}, \quad (6)$$

где ΔR_i – приведенный к автобусу особо большой вместимости коэффициент загрузки УДС i -м видам транспорта, $R_{об} = 0,11$.

Расчеты, проведенные по городу Бердску, дали следующие значения приведенных коэффициентов загрузки: автобус особо большой (ОБ) – 1,0, маршрутное такси – 4,0, легковой автомобиль – 30, (табл. 1). При этом учитыва-

лись реальные условия работы ГПТ [5,6].

Введение в методику транспортных расчетов нового показателя (R - коэффициент загрузки УДС по видам транспорта) позволяет количественно оценить влияние различных видов транспорта на уровень загрузки УДС. Коммерческий (маловместительный) транспорт загружает УДС в среднем в 1,5 раза больше, чем социальный (большой и особо большой вместимости) в расчете на объем перевозок. Чем крупнее город, тем больше этот показатель. Для примера дан расчет показателей работы маршрутной сети г. Бердска до 2020 г. (табл. 2). Расчеты показали, что решение задач оптимизации снижает нагрузку УДС от ГПТ на 14% при росте пассажирских перевозок на 6%.

Таблица 1

ВЕЛИЧИНА КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ УДС ПО ВИДАМ ТРАНСПОРТА В ЧАС ПИК, Г. БЕРДСК, 2014 ГОД

Вид транспорта	Класс по вместимости	Вместимость мест, Ω_i	Коэффициент загрузки УДС, R_i	Приведенный коэффициент загрузки, ΔR_i
Автобус	Малый	40	0,21	1,9
Троллейбус	Большой	110	0,16	1,5
Автобус	Особо большой	160	0,11	1,0
Маршрутное такси	Особо малый	13	0,46	4,0
Легковой транспорт	-	1,5	3,3	30

Загрузка УДС от ГПТ снижается в 2015 г. до 61%, в 2020 г. – до 86% при росте пассажирских перевозок до 102% и 106% соответственно. Производительность ПС в 2020 г. вырастет до 146%. В этом варианте полнее решаются вопросы доступности и безопасности перевозок на ГПТ в связи с ускоренным развитием муниципального транспорта.

Таблица 2

РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАРШРУТНОЙ СЕТИ ГОРОДА БЕРДСКА НА 2015-2020 ГГ.

Показатель	Год	L_m – длина маршрутов в одном направлении, км	$N_{пс}$ – количество ПС на линии, ед.	A – количество перевезенных пассажиров за год, тыс. чел.	$Пп=A/N_{пс}$ – производительность единицы ПС маршрута в год	$W_{прi}=W_i k_{пр}$ – приведенный пробег за год, тыс. авт.-км	$R=W_{пр}/A$ – суммарный показатель удельной загрузки УДС, авт. км /пасс
Итого по соц. маршрутам	2014	87,69	24	3201	1133	2285	5,34
	2020	109,50	36	6000	1792	3245	5,61
Итого комм. маршрутам	2014	91,15	151	7219	432	12130	16,5
	2020	73,96	70	5000	490	8460	13,1
Всего (без сезонных)	2014	178,84	175	10420	1564	14415	21,8
	2020	183,46	106	11000	2282	11705	18,7
В % к 2014 г.	2020	103%	61%	106%	146%	81%	86%

В частности, доля социальных маршрутов в перевозках пассажиров сейчас составляет 30%. Средняя дальность поездки пассажира на социальных маршрутах 5,5 км, на коммерческих – 5,8 км, средняя 5,7 км. Сложившееся соотношение по объемам перевозок между социальным и коммерческим транспортом (30% и 70%) создает проблемы для жителей и говорит о необходимости повышения доли социального транспорта в предлагаемом проекте до 55%.

Следует пояснить, что обслуживает социальные маршруты муниципальной подвижной состав, состоящий из автобусов малой, средней и большой вместимости, среди которых есть низкопольные модели, способные перевозить инвалидов и маломобильных граждан. Коммерческий транспорт состоит из микроавтобусов, которыми не могут воспользоваться люди с колясками и льготники.

В структуре существующего парка ПС автобусов, используемых на городских маршрутах г. Бердска, можно выделить только одну модель ПС, приобретенную в 2013 г. и приспособленную для перевозки маломобильных групп населения (МГН). Это автобус марки ПАЗ-4239 (средний класс, вместимость 88 чел.). Данная модель относится к низкопольным транспорт-

ным средствам (пониженный уровень пола у средней и передней дверей составляет 340 мм). В целом в 2014 г. 1 ед. (3%) современного парка автобусов оснащено доступной техникой [6]. При обновлении парка ПС необходимо руководствоваться положениями Транспортной стратегии РФ на период до 2030 года [1].

Программа оптимизации парка предусматривает ускоренное обновления ПС, в результате чего парк к 2020 году вырастет на 60% и составит 48 ед. Объем приобретения за период 2015-2020 гг. составит – 30 ед., списания – 12 ед. Основная доля приобретаемых транспортных средств – автобусы средней (40%) и малой (60%) вместимости.

Для приобретения в каждом классе вместимости рекомендуются следующие модели автобусов: средний – ПАЗ-4239 (88 мест), малый – ПАЗ-3237 (54 места). Данные модели относятся к низкопольным или полунизкопольным транспортным средствам, что обеспечит доступность их различными категориями граждан. В целом доля доступного транспорта в структуре парка автобусов к 2020 г. составит 62%. В расчетах использованы следующие стоимости автобусов: 3296 тыс. руб. и 1998 тыс. руб. соответственно по предложенным моделям [7].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая методика позволит развивать общественный транспорт и его инфраструктуру с учетом потребностей общества, уделяя внимание качеству обслуживания, доступности и безопасности [8]. В свою очередь, такой подход приведет к снижению загрузки магистралей при росте пассажирских перевозок и повышению эффективности функционирования городских транспортных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 13 июля 2015 года № 220-ФЗ «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации». // [Электронный ресурс]. – Система ГАРАНТ. – Режим доступа : <http://base.garant.ru>, свободный. – Загл. с экрана. – (дата обращения к ресурсу: 05.01.2017).
2. Сафронов, Э.А. Перспективы развития легкорельсового транспорта в городах РФ / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов, Е.С. Семенова // Вестник СибАДИ. – 2016. – №2(48). – С. 62-70.
3. Вукан, Р. Вучик. Транспорт в городах, удобных для жизни / Р. Вучик Вукан. – Территория будущего, 2011. – 576 с.
4. Сафронов, К.Э. Инновационные методы повышения эффективности транспортных систем городов / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов // Вестник МАДИ. - №3 (26). – 2011. – С. 7-12.
5. Сафронов, Э.А. Управление загрузкой

транспортной сети города с учетом повышения доступности пассажирского транспорта / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов, Е.С. Семенова // Вестник СибАДИ. – Омск: Издат-во СибАДИ. – 2015. – №6(46). – С. 38-43.

6. Климова, Т.М. Реализация требований транспортной стратегии РФ как основной инструмент повышения качества транспортного обслуживания населения городов / Т.М. Климова, Е.С. Семенова // Архитектура, строительство, транспорт [Электронный ресурс] : материалы Международной научно-практической конференции (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). – Электрон. дан. – Омск : СибАДИ, 2015. – С. Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD75.pdf>, свободный после авторизации. – Загл. с экрана.

7. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р (в редакции распоряжения Правительства Российской Федерации от 11 июня 2014 г. № 1032-р). – URL : <http://www.mintrans.ru/>. – (дата обращения к ресурсу: 10.01.2017).

8. Сафронов, Э.А. Пути решения транспортных проблем в городах / Э.А. Сафронов, К.Э. Сафронов, Е.С. Семенова // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики : сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках Международной научно-практической конференции. – Омск : СибАДИ, 2016. – 284-291 с.

THE MODEL OF MANAGEMENT OF TRANSPORT FLOWS IN MODERN CONDITIONS

Abstract. This article discusses a new model of traffic management through an integrated analysis of transport and passenger flows, which will reduce the load on the road network (UDS). Thus solves the following main tasks: justification of the indicators and criteria of the system of transport service of the population of the city is the development of algorithm of calculation and download of UDS city. The technique for managing the transport network by optimizing the composition of the transport stream and use a new criterion of load factor of road network of UDS from different types of passenger transport, including individual. Based on the proposed algorithm of calculation of the load on the main network of the city, given the volume of passenger transportation, presents a quantitative assessment of the options for the development of urban passenger transport (ATG) in the cities of the Russian Federation.

Keywords: city route network, passenger transport, rolling stock, transport infrastructure, capacity, present mileage, efficiency, accessibility, safety, vehicle loading, road network.

REFERENCES

1. The Federal law from July 13, 2015 No. 220-FZ "On the organization of regular transportations of passengers and Luggage by road and urban ground electrical transport in the Russian

Federation". // [Electronic resource]. System GARANT. – Mode of access : <http://base.garant.ru> free. The title. screen. (date of addressing the resource: 05.01.2017).

2. Safronov E. A., Safronov K. E., Semenova E. S. Prospects for the development of light rail in

cities of the Russian Federation // Vestnik SibADI. – Omsk: Publishing in SibADI. – 2016. – №2(48). – S. 62-70.

3. Vukan R. Vuchic. Transport in cities, comfortable for living / Vukan R. Vuchic. – The territory of the future, 2011. – 576.

4. Safronov K. E. Safronov E. A. Innovative methods to improve urban transportation systems // Vestnik MADI. - №3 (26). – 2011. – S. 7-12.

5. Safronov E. A., Safronov K. E., Semenova E. S. Download Management of the transport network given the increase in accessibility of passenger transport // Vestnik SibADI. – Omsk: Publishing in SibADI. – 2015. – №6(46). - P. 38-43.

6. Klimova T. M., Semenova E. S. Implement the requirements of the transport strategy of the Russian Federation as the main instrument of improvement of quality of transport service of the population of the cities/ Architecture, construction, transport [Electronic resource] : proceedings of the International scientific-practical conference (to the 85th anniversary of FSBEI HPE "SibADI"). – Electron. Dan. – Omsk : SibADI, 2015. – P Mode of access: <http://bek.sibadi.org/fulltext/ESD75.pdf> free after login. The title. Screen.

7. Transport strategy of the Russian Federation for the period till 2030 Approved by order of the Government of the Russian Federation from November 22, 2008 № 1734-R (in edition of orders of the Government of the Russian Federation from June 11, 2014 № 1032-p). – URL : <http://www.mintrans.ru/>. (date of addressing the resource: 10.01.2017).

8. Safronov E. A., Safronov K. E., Semenova E. S. Solutions to transport problems in cities // the Development of the theory and practice of

road transport, transport logistics / Collection of scientific works of the Department "Organization of transportation and management on transport" in the framework of the International scientific-practical conference. - Omsk: Publishing house SibADI, 2016. – P. 284-291.

Сафронов Эдуард Алексеевич – д.т.н., профессор СиБАДИ, кафедра ОБД. Основные направления научной деятельности – транспортные системы городов и регионов, повышение безопасности, доступности и эффективности транспортной инфраструктуры. Общее количество опубликованных работ: 150. Адрес для переписки: 644092, г. Омск, б-р Архитекторов 12, кв 34. Тел./факс: (3812) 77-11-37 д., E-mail: sibadi1@rambler.ru

Сафронов Кирилл Эдуардович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительные конструкции». Основные направления научной деятельности транспортные системы городов и регионов, эффективность транспортного обслуживания инвалидов. Общее количество опубликованных работ: 100. Адрес для переписки: 644092, г. Омск, ул. Ватутина д. 4, кв. 24. Тел. 8-908-791-10-82, E-mail: transistem@rambler.ru

Семенова Екатерина Сергеевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Управление качеством и производственными системами» СиБАДИ. Основные направления научной деятельности – транспортные системы городов и регионов, экономическая эффективность транспортной инфраструктуры. Общее количество опубликованных работ: 40. Адрес для переписки: 644106, г. Омск, ул. Звездная, д.8, кв. 80. Тел. 8-913-684-41-09, E-mail: esemyonova@rambler.ru

УДК 623.438.7, 621

ОЦЕНКА УПРАВЛЯЕМОСТИ АМФИБИЙНЫХ МАШИН НА ПЛАВУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТНОСИТЕЛЬНЫХ ОЦЕНОЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

О.А. Серяков, С.С. Зиновьев, М.Ю. Манзин
Омский автобронетанковый инженерный институт, Россия, г. Омск

Аннотация. В статье приведена методика оценки управляемости плавающих машин бронетанкового вооружения на плаву. Используется переход к относительным оценочным показателям управляемости (диаметр циркуляции, угловая скорость поворота) от конструктивных и силовых параметров плавающей машины и её движительно-рулевого комплекса, зависимость которых друг от друга представлена в виде безразмерной диаграммы управляемости. Эта диаграмма позволяет проводить оценку управляемости и выбирать схемы движительно-рулевых комплексов для проектируемых образцов плавающих машин.

Ключевые слова: амфибийная машина, движительно-рулевой комплекс, противодесантные заграждения, десантный корабль, плавающая машина.

ВВЕДЕНИЕ

Под управляемостью амфибийной машины (АМ) на плаву понимается ее способность обеспечивать быстрое изменение направления своего движения и способность обеспечивать устойчивое прямолинейное движение без значительных отклонений от заданного курса, при минимальных затратах усилий и внимания механика-водителя.

Управляемость АМ на плаву является одним из важнейших водоходных свойств машины. Оно реализуется во многих процессах применения образца. Например, АМ, используемая в морской пехоте, после входа в воду из десантного корабля должна отойти от него, занять свое место в колонне подразделения и двигаться в его составе к берегу, совершив при этом ряд маневров, связанных с перестроением боевого порядка при достижении подразделения рубежа открытия огня и с подходом к проходам в противодесантных заграждениях (ПДЗ), а также движением по ним.

МЕТОД ОЦЕНКИ УПРАВЛЯЕМОСТИ АМФИБИЙНЫХ МАШИН

на плаву с использованием относительных оценочных показателей

Управляемость на плаву объединяет в себе два частных свойства устойчивость движения на курсе и поворотливость. Следует отметить, что устойчивость движения на прямом курсе находится в некотором противоречии с поворотливостью, так как при хорошей устойчивости на курсе затрудняется изменение направления движения машины и наоборот, при хорошей поворотливости АМ хуже выдерживает заданное направление прямолинейного движения. Для АМ более важным свойством является поворотливость, что обусловлено плаванием на сравнительно небольших по площади акваториях и необходимостью маневрирования. Наиболее высокие требования к АМ по управляемости предъявляются при преодолении прохода в ПДЗ, так как его ширина ограничена (примерно 15 м, [1]), а в процессе движения возможны маневры по обходу различных препятствий (бетонные надолбы, рельсы), не уничтоженных группой разграждения.

Наиболее важными оценочными параметрами поворотливости АМ на плаву являются диаметр установившейся циркуляции D_c и

угловая скорость поворота W , [2]. Для практических целей обычно пользуются диаграммами управляемости, представляющими собой зависимости D_c и W от угла перекадки рулевых устройств при определенной частоте вращения коленчатого вала двигателя, либо от частоты вращения коленчатого вала при разных углах перекадки рулевых устройств.

При использовании для оценки управляемости АМ метода натуральных испытаний построение диаграммы управляемости на плаву не представляет особого труда, но если речь идет об оценке управляемости проектируемого образца, для которого такой метод невозможен, то получение диаграммы управляемости расчетным путем вызывает большие затруднения. В настоящее время существуют работоспособные расчетные методики определения поворачивающего момента $M_{пов}$ в функции частоты вращения коленчатого вала двигателя, скорости движения машины, угла перекадки рулевых устройств, но получить расчетом зависимость основных оценочных параметров D_c и W от известного $M_{пов}$ очень сложная и трудоемкая задача.

Однако, к настоящему времени накоплен большой экспериментальный материал по результатам натуральных испытаний АМ как на спокойной воде, так и в морских условиях. По всем существующим образцам с различными схемами движительно-рулевых комплексов (ДРК) есть данные о значениях оценочных параметров управляемости на плаву. При таком количестве экспериментальных данных для проведения прогнозных оценок целесообразно воспользоваться относительными параметрами, с помощью которых можно перейти к безразмерным диаграммам управляемости [3]. Эти диаграммы с достаточной степенью точности, позволят прогнозировать значения D_c и W при известном $M_{пов}$ проектируемого образца АМ. С использованием такого метода, оценка управляемости на плаву стала бы менее затратная и более проста.

С целью разработки безразмерной диаграммы управляемости были проанализированы результаты натуральных испытаний образцов АМ. При этом основные оценочные параметры поворотливости на плаву были приведены к относительной форме: диаметр установившейся циркуляции D_c представлен в виде относительного диаметра

$$\bar{D} = \frac{D_u}{L}, \quad (1)$$

где L – длина АМ по ватерлинии;
угловая скорость поворота W представлена в
виде относительной скорости поворота

$$\bar{W} = \frac{LW}{V}, \quad (2)$$

где V – скорость входа в поворот;
поворачивающий момент $M_{пов}$ представлен в
виде относительного момента

$$\bar{M} = \frac{M_{пов}}{mL}, \quad (3)$$

где m – вес машины;
скорость входа в поворот V представлена в
виде числа Фруда

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gL}}, \quad (4)$$

где g – ускорение свободного падения.

После расчета относительных параметров поворотливости по ним построена безразмерная диаграмма управляемости АМ (рис. 1). На диаграмме приведены два семейства зависимостей: в верхней части показаны связи между относительным диаметром циркуляции и относительным поворачивающим моментом при различных значениях числа Фруда; в нижней части - зависимость относительной угловой скорости поворота от относительного поворачивающего момента также при различных значениях числа Фруда. Предлагаемая диаграмма позволяет решать практические задачи при проектировании АМ бронетанкового вооружения.

Например, по компоновочным соображениям принято решение о применении на проектируемой машине ДРК конкретной схемы, [4]. По известным формулам для этой схемы выполняется расчет величин $M_{пов}$ для различных частот вращения двигателя и углов переключки рулевых устройств. Далее по формуле (3) рассчитываются значения относительного поворачивающего момента. Используя эти данные, по безразмерной диаграмме управляемости определяются значения относительных диаметров циркуляции и относительных угловых скоростей поворота, которые по формулам (1), (2) переводятся в абсолютные

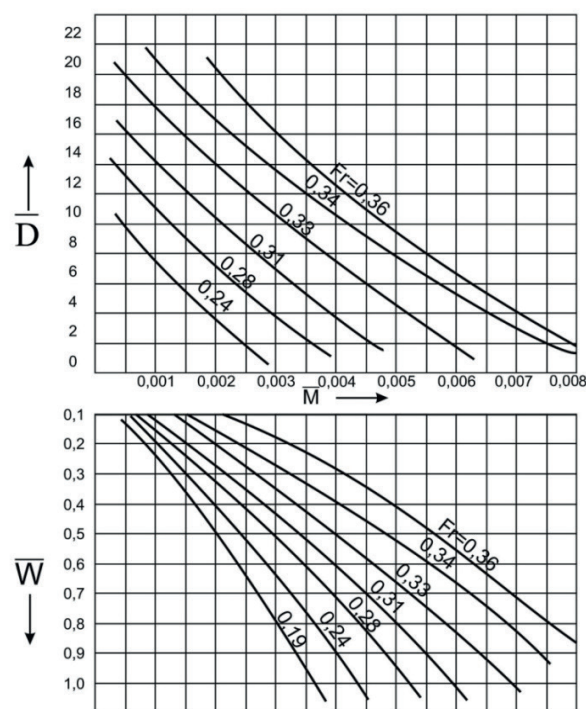


Рисунок 1 - Безразмерная диаграмма управляемости АМ

значения оценочных параметров поворотливости D_c и W . Используя полученные значения можно построить размерную диаграмму управляемости АМ бронетанкового вооружения в функции частоты вращения коленчатого вала двигателя, либо угла переключки рулевых устройств.

Можно решать и обратную задачу – подбор схемы ДРК для обеспечения проектируемой машины заданных требований по управляемости на плаву. В этом случае задаются требуемыми значениями D_c , W , V и переводят их в относительные параметры по формулам (1), (2), (4). За тем по безразмерной диаграмме управляемости определяют значение относительного поворачивающего момента и по формуле (3) вычисляют его абсолютное значение. Исходя из компоновочных соображений подбирают конкретную схему ДРК с целью обеспечения АМ требуемого значения $M_{пов}$. При значительном отличии значений $M_{пов}$, найденных из условия обеспечения заданных D_c или W , обычно принимают решение исходя из назначения и предполагаемых условий эксплуатации машины, отдавая приоритет обеспечению либо требуемого диаметра циркуляции, либо требуемой угловой скорости поворота. Для грузовых морских амфибий, например, очень важна угловая скорость поворота при входе в прибойную зону при вол-

РАЗДЕЛ II. ТРАНСПОРТ

нении 3 балла и выше, диаметр циркуляции менее важен. Для боевых же АМ, как правило, приоритетным является обеспечение заданного диаметра циркуляции.

Итак, рассмотрим пример выбора рациональной схемы ДРК (обратная задача) для конкретной машины с использованием предложенного метода. В качестве исследуемого образца выберем БМП-3 – наиболее современную отечественную боевую АМ, [5]. Машина имеет два водометных движителя со шнековыми рабочими колесами насосов. Расположение водометов - корпусное с входным отверстием в днище и выходным – в нижней части кормового листа. Привод водометов независимый, отбор мощности осуществляется от выходной шестерни реверса. Поворот на плаву обеспечивается за счет частичного или полного закрытия одной из заслонок водоме-

тов. При полном закрытии заслонки поворачивающий момент определяется по формуле:

$$M_{пов} = 0,5BP, \quad (5)$$

где В – расстояние между центрами выходных отверстий водометов, м;

Р – сила тяги одного водомета, Н.

Остальные исходные данные для оценки приведены в (табл. 1), [6].

Допустим, заказчику необходимо подобрать ДРК для БМП-3 с улучшенной управляемостью на плаву, так как предполагается использовать машину в морской пехоте, а при преодолении ПДЗ на подходе к берегу такой машине необходимо быть очень маневренной, поэтому диаметр циркуляции при стандартной схеме ДРК ($D_c = 14$ м) не удовлетворяет заказчика.

Таблица 1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ УПРАВЛЯЕМОСТИ БМП-3

Наименование параметра	Обозначение	Размерность	Значение параметра
Масса машины	m	кг	18700
Длина по ватерлинии	L	м	6,78
Ширина по ватерлинии	Bм	м	3,2
Расстояние между центрами выходных сопел водометов	B	м	2,8
Скорость входа в поворот	V	км/ч	10
Диаметр циркуляции на максимальной скорости	Dц	м	14
Сила тяги водометов	P	кН	13,6

Последовательность решения:

1. Зададимся требуемым значением диаметра циркуляции БМП-3 (значение угловой скорости поворота W является второстепенным, поэтому его в расчет не берем). Примем $D_c = 10$ м.

2. Вычисляем значения числа Фруда и относительного диаметра циркуляции по формулам (4) и (1) соответственно. Получаем следующие значения: $F_r = 0,34$; $\bar{D} = 1,47$.

3. Используя верхний квадрант безразмерной диаграммы управляемости (рис. 1) проводим горизонтальную линию из значения 1,47

до пересечения с кривой числа Фруда 0,34 и из точки пересечения опускаем перпендикуляр на ось абсцисс. Находим значение относительного поворачивающего момента, равное $\bar{M} = 0,008$. С использованием формулы (3) вычисляем значение абсолютного поворачивающего момента $M_{пов} = 10143$ Нм.

4. По формуле (5) определяем требуемое значение силы тяги одного водомета $P = 7245$ Н. Это значение позволит БМП-3 обеспечить диаметр циркуляции $D_c = 10$ м без изменения схемы ДРК.

Таким образом, для обеспечения боевой машины пехоты повышенной управляемости на плаву без изменения схемы ДРК необходимо установить на машину более мощные водометы, создающие суммарную тягу на плаву 14,49 кН вместо 13,6 кН серийной машины, [7]. Водометы с увеличенной тягой потребуют больших габаритов и, как следствие, изменения компоновки моторно-трансмиссионного отделения машины. Так как компоновка моторно-трансмиссионного отделения у БМП-3 очень плотная, для существующей машины изменить её очень сложно – это слишком затратный путь.

Можно иначе добиться увеличения поворачивающего момента. При этом не нужно менять габариты и конструкцию водометов машины, а также компоновку её моторно-трансмиссионного отделения. Предлагается несколько изменить схему ДРК машины, выполнив в бортах каналы заднего хода. На БМП-3 это вполне реально (рис. 2).

Тогда значение требуемого поворачивающего момента определяется по формуле (5):

$$M_{пов} = 0,5 \times 2,8 \times 7275 = 10185 \text{ Нм}$$

При выполнении этого условия, не изменяя силы тяги водометов и их конструкции, можно получить поворачивающий момент, равный $M_{пов} = 10185 \text{ Нм}$, [8] что приведет к повышению поворотливости БМП-3 на плаву - диаметр циркуляции этой машины уменьшится с 14 м до 9,8 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В работе приведена расчетная методика оценки управляемости АМ БТВ на плаву. Методика основана на использовании экспериментального материала натуральных испытаний плавающих машин. Используется переход к относительным оценочным параметрам управляемости, зависимость которых друг от друга представлена в виде безразмерной диаграммы управляемости на плаву. Безразмерная диаграмма позволяет проводить оценку управляемости и выбирать схемы ДРК для проектируемых образцов машин.

2. С использованием данной методики проведена оценка управляемости на плаву БМП-3. Установлено, что существующая схема ДРК этой машины не позволяет повысить управляемость без значительного увеличения габаритов водометов и компоновочных изменений. Предложен вариант ДРК с каналами задне-

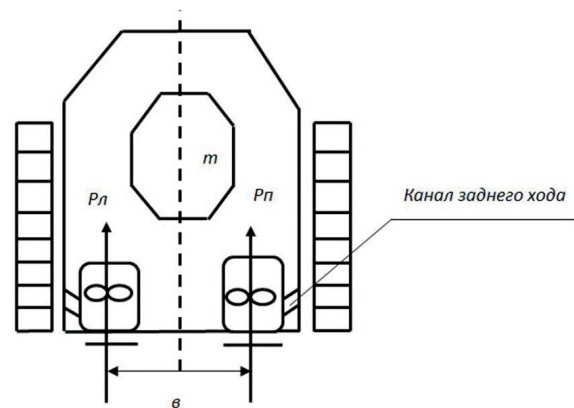


Рис. 2. Схема ДРК БМП-3

го хода. Применение такой схемы позволяет уменьшить диаметр циркуляции машины с 14 до 9,8 м практически не меняя компоновки моторно-трансмиссионного отделения.

3. Предложенная методика оценки управляемости АМ является новой и требует дальнейшей проверки ее достоверности на других, в том числе и новых образцах АМ. Данная методика значительно проще по сравнению с другими существующими расчетными методами оценки управляемости на плаву.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция боевой плавающей машины морской пехоты [шифр «Концепция»]: отчет о НИР (заключ.): 35-37 / Омский танковый инженерный институт; рук. О.А. Серяков; исполн.: В.В. Васильев [и др.], 2010. – 100 с. – Библиогр.: с. 96-98. - № ГР 62311303762. - Инв. № 2519.
2. Исследование процессов управляемости на плаву и выбора движительно-рулевых комплексов плавающих машин бронетанкового вооружения [шифр «Маневр-0-14»]: отчет о НИР (заключ.): 48-50 / Омский автобронетанковый инженерный институт; рук. О.А. Серяков; исполн.: С.М. Потехин [и др.], 2015. – 96 с. – Библиогр.: с. 91-92. - № ГР 62343876281. - Инв. № 60404.
3. Васильев, В. В. Конструкция военных гусеничных машин : учебное пособие / В.В. Васильев. – 3-е изд.; ОАБИИ. – Омск: ОАБИИ, 2013. – 436 с.
4. Потехин, С. М., Конструкция боевой машины пехоты (БМП-3): учебное пособие / С. М. Потехин, Л. В. Малых, А. Н. Фуенок; ОАБИИ. – Омск : ОАБИИ, 2016. – 96 с.
5. Многоосные автомобили: теория общих конструктивных решений / П. В. Аксенов и др. – М. : Машиностроение, 1980. - 207 с.

6. Движительно-рулевые комплексы плавающих машин БТВТ [шифр «Циркуляция-1»]: отчет о НИР (заключ.): 52-53 / Омский танковый инженерный институт; рук. О.А. Серяков; исполн.: А.Н. Феденок [и др.], 2005. – 69 с. – Библиогр.: с. 89-9. - № ГР 62311303776. - Инв. № 2106.

7. Бурьян, А. А. Боевая машина пехоты БМП-3 : учебное пособие / А. А. Бурьян – 3-е изд.; ОТИИ. – Омск : ОТИИ, 2000. – 92 с.

8. Степанов А. П. Проектирование амфибийных машин / А. П. Степанов. - М.: Мегалион, 2007. – 420 с.

OTSENA AMPHIBIAN OF CONTROL MACHINES USING AFLOAT ON PERFORMANCE INDICATORS

Annotation. *The article describes the method of estimating handling floating vehicles armored afloat. Use a transition to relative valuation indicators of control (circulation diameter, the angular rotation speed) on the design and power parameters of the machine and its floating the propulsion, the dependence of which from each other is represented by a dimensionless handling chart. This chart allows you to evaluate and select the handling circuit propulsion and steering systems designed for floating sample machines.*

Keywords: *amphibious vehicle, propulsion and steering system, anti-landing obstacles, landing craft, amphibious vehicle.*

REFERENCES

1. The concept of floating combat Marine Engines [code “concept”]: a research report (concluded.): 35-37 / Omsk Tank Engineering Institute; hands. OA Seryakov; executes .: VV Vasiliev [et al.], 2010. - 100 p. - Bibliogr .: p. 96-98. - № GN 62311303762. Inv. Number 2519.

2. Investigation handling processes afloat and selecting the propulsion floating armored vehicles [cipher “maneuver-0-14”]: a research report (concluded.): 48-50 / Omsk Tank-Automotive Engineering Institute; hands. OA Seryakov; executes .: SM Potekhin [et al.], 2015. - 96 p. - Bibliogr .: p. 91-92. - № GN 62343876281. Inv. Number 60404.

3. Vasiliev VV Design military tracked vehicles: Textbook / V. Vasiliev. - 3rd ed .; OABII. - Omsk: OABII, 2013. - 436 p.

4. Potekhin SM, design infantry fighting vehicles (BMP-3): a tutorial / SM Potekhin, L. Small, AN Fuenok; OABII. - Omsk: OABII, 2016. - 96 p.

5. Multi-axle vehicles: the general theory of constructive solutions / PV Aksenov et al - M .: Engineering, 1980. - 207 p..

6. Propulsion and steering system of floating machines AVA [cipher “Circulation-1”]: a research report (concluded.): 52-53 / Omsk Tank Engineering Institute; hands. OA Seryakov; executes .: AN Fedenok [et al.], 2005. - 69 p. - Bibliogr .: p. 89-9. - № GN 62311303776. Inv.

Number 2106.

7. Burian A. Infantry fighting vehicle BMP-3: Textbook / AA Burian - 3rd ed .; OTII. - Omsk: OTII, 2000. - 92 p.

8. Stepanov AP Design amphibious vehicles / AP Stepanov - M .: MEGALION, 2007. - 420 p.

Серяков Олег Александрович (Россия, г. Омск) – профессор 3 кафедры (боевых гусеничных колесных машин и военных автомобилей) Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/г).

Зиновьев Сергей Сергеевич (Россия, г. Омск) - адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/г, sergej_zinovev_82@mail.ru).

Манзин Максим Юрьевич (Россия, г. Омск) - адъюнкт Омского автобронетанкового инженерного института (644098, г. Омск, 14 в/г, ymmanzini55@mail.ru).

Seryakov Oleg Aleksandrovich (Russia, Omsk) – Professor at the 3rd department (Combat track-laying and military vehicles) of Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g).

Zinoviev Sergey Sergeevich (Russia, Omsk) - postgraduate student of the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g, sergej_zinovev_82@mail.ru).

Manzin Maxim Yar'evich (Russia, Omsk) - postgraduate student of the Omsk Tank-Automotive Engineering Institute (644098, Omsk, 14 v/g, ymmanzini55@mail.ru)

УДК 656.13

ОБЗОР ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ ГРУЗОВЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Л.С. Трофимова, А.Б. Касимова
ФБГОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)»,
Россия, г. Омск

Аннотация. В статье представлены результаты анализа, которые позволили установить, что ранее разработанные методики были направлены на планирование по показателям, достигнутым в предыдущий период, а также по величинам поступления и выбытия подвижного состава в соответствии с ранее существующей системой директивного планирования. Применение норм, нормативов и фонда рабочего времени без учёта влияния технико-эксплуатационных показателей на результаты планирования не позволяют учитывать особенности практики перевозок грузов при взаимосвязи коммерческой и технической эксплуатации. Установлена необходимость создания методики планирования численности работников, учитывающей особенности практики работы автотранспортного предприятия.

Ключевые слова: Планирование, грузовые автотранспортные предприятия, коммерческая эксплуатация, техническая эксплуатация, численность работников.

ВВЕДЕНИЕ

Практика работы грузовых автотранспортных предприятий (АТП) осуществляется согласно текущему плану. Наряду с такими разделами текущего плана грузовых АТП, как план по эксплуатации и техническому обслуживанию и ремонту подвижного состава также разрабатывают план по труду и кадрам [1, 2, 3 и др.]. План по труду и кадрам включает в себя планирование численности работников, по результатам которой определяются: фонд заработной платы; планирование подготовки и повышения квалификации кадров; улучшение организации и обслуживания рабочих мест; улучшение подготовки и повышение квалификации кадров; совершенствование нормирования труда; улучшение условий труда.

Современные требования практики определения численности работников грузовых АТП нормируются кодексами РФ, правилами, нормами, приказами, уставами предприятий. Гражданское законодательство РФ позволяет на практике регулировать отношения между работником и работодателем с учётом признания равенства участников отношений, неприкосновенности собственности, свободы договора, недопустимости произвольного вмешательства кого-либо в частные дела, необходимости беспрепятственного осуществления гражданских прав, обеспечения восстановления нарушенных прав, их судебной защиты [4]. Трудовой кодекс РФ устанавливает нормативные требования по соблюдению следующих

разделов, определяющих социальное развитие коллектива: трудовой договор; рабочее время; время отдыха; оплата и нормирование труда; гарантии и компенсации; трудовой распорядок, дисциплина труда; квалификация работника, профессиональный стандарт, подготовка и дополнительное профессиональное образование работников; охрана труда; материальная ответственность сторон трудового договора [4]. Соблюдение норм режима труда и отдыха способствует повышению уровня профессиональной надежности водителя и соответственно безопасности дорожного движения [6].

В условиях соблюдения нормативов, определенных законодательством РФ, руководители грузовых АТП самостоятельно принимают решение о применении определенной методики планирования численности, разработанной в теории, которая соответствует практике работы грузовых АТП.

ОБЗОР ТЕОРИИ ПО ПЛАНИРОВАНИЮ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ ГРУЗОВЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Профессор Л.Г. Резник [7] указал, что в деятельности АТП необходимо учитывать действия очень многих разнородных факторов, задающих различные по своей природе, но тесно взаимодействующих друг с другом процессов. Грузовая автотранспортная система представляет собой диффузную систему, где

идет постоянный обмен информацией, энергией с внешней средой. Существенной характеристикой внешней среды в условиях рынка является ее неопределенность и переменный характер спроса на перевозки.

Профессор А.И. Воркут [8] установил, что практика работы транспортно-технологических систем (комплексов) состоит в высокой степени их неопределенности, основными источниками которой являются:

- нерегулярность производства и потребления (поставок и спроса на продукцию);
- неустойчивость работы элементов системы (неритмичность технологического процесса, статистическая неопределенность продолжительности отдельных транспортных и технологических операций);
- структурная надежность системы, проявляющаяся в выходе из строя отдельных ее элементов и технических средств.

В работе [9] определено, что АТП в современных условиях представляет собой систему, состоящую из подсистем технической и коммерческой эксплуатации. В связи с тем, что организация производственных процессов на АТП имеет свои специфические особенности, транспортные средства выступают как в форме предмета труда (при выполнении работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту), так и в форме средств труда (при осуществлении транспортного процесса). Основным принципом деятельности грузовых АТП является стремление к получению прибыли [10].

Авторами [11] разработана модель функционирования грузового АТП, позволяющая составить план по коммерческой и технической эксплуатации по значениям верхнего и нижнего уровня математического ожидания длины езды с грузом. Однако в ранее выполненных исследованиях не представлена методика планирования численности работников грузовых АТП с учётом взаимосвязи коммерческой и технической эксплуатации при изменении спроса на перевозку грузов. В связи с этим целью представленного обзора является анализ теории планирования численности работников грузовых АТП. В данной работе использованы научные статьи и публикации по теме, методом исследования является анализ.

Теорией планирования численности работников занимались такие ученые, как М.Д. Столяров [2], Г.М. Савцов [2], В.И. Кузнецов [2], М.С. Баш [3], М.Р. Шейнфайн [3], А.А. Бачурин [12], Н.Ф. Билибина [1], М.П. Улицкий [1], А.Б. Миротин [1], Л.А. Бронштейн [1], Р.А. Фатхутдинов [13], А.Н. Ильченко [14], И.Д. Кузнецова

[14], П.Э. Шлендер [16], Р.Б. Ивуть [17], Д.Л. Коржицкий [17, 18], Е.Б. Данилов [15], С.М. Самохвалова [15] и др. Результаты обзора теории планирования численности работников грузовых АТП представлены в таблице 1.

А.А. Бачурин [12] рекомендует в планировании использовать норматив численности; нормы обслуживания, трудоемкости работ и нормы по рабочим местам применительно к численности ремонтных рабочих без учёта взаимосвязи коммерческой и технической эксплуатации.

В работах [1, 2, 3, 12] было предложено всех работников АТП делить на две основные группы и определять численность по каждой из них:

- персонал по основной деятельности;
- персонал, который непосредственно не связан с основной деятельностью.

Численность работников основной деятельности рассчитывают исходя из планируемого уровня производительности труда и производственной программы по эксплуатации, техническому обслуживанию (ТО) и ремонту подвижного состава [1, 2, 3, 12]. Основным показателем является среднесписочное число работников в плановом периоде (см. таблицу 1).

При определении численности водителей производят сначала ориентировочные расчеты с учетом фонда рабочего времени и выполнения норм выработки.

В пределах общей численности водителей, учитывающей плановый уровень производительности труда, определяют численность водителей сдельных и повременных автомобилей.

Численность водителей сдельных грузовых автомобилей, чел. [1, 2, 3]:

$$Ч_{в.сд} = D_K \cdot \alpha_B \cdot (T_H + t_{п.з}) \cdot A_C / (\Phi_B \cdot \eta), (1)$$

где D_K – число дней в плановом периоде;

α_B – коэффициент выпуска автомобилей на линию;

T_H – средняя продолжительность пребывания автомобилей в наряде, ч;

$t_{п.з}$ – дополнительное время, связанное с выполнением подготовительно-заключительных операций (0,3 ч на смену или 0,04 ч на 1 ч нахождения автомобиля в наряде и на 5 мин на проведение предрейсового медосмотра);

A_C – среднесписочное количество автомобилей, ед.;

Φ_B – годовой фонд рабочего времени водителей, ч;

η – коэффициент, учитывающий выполнение норм выработки.

Численность водителей в расчете на 1 тыс. авт.-ч работы, чел. [1, 2, 3, 12]:

$$Ч_{B.П} = 1,05 AЧ_P / (\Phi_B \eta), \quad (2)$$

где 1,05 – дополнительное время на выполнение подготовительно – заключительных операций и на проведение предрейсового медосмотра;

$AЧ_P$ – плановое количество автомобиле – часов работы.

Численность ремонтных рабочих, чел. [1, 2, 3, 12]:

$$Ч_P = L_{общ} m_{ТО} / (\Phi_P \eta) \quad (3)$$

где $L_{общ}$ – общий пробег автомобилей, тыс. км;

$m_{ТО}$ – нормативная трудоемкость технического обслуживания и текущего ремонта, чел.-ч на одно ТО и на 1000 км пробега по ТР.

Численность специалистов, служащих, младшего персонала, работников охраны принимают в расчетах плана по труду в соответствии со штатным расписанием, однако информация по расписанию не конкретизируется.

В работах [1, 2, 3] планирование осуществляется по показателям, достигнутым в предыдущий период, а также по величинам поступления и выбытия подвижного состава в соответствии с ранее существующей директивной системой планирования. Методика не учитывает взаимосвязь коммерческой и технической эксплуатации, а также неопределенность и переменный характер спроса на перевозки.

Р.А. Фатхутдинов [13] к определению численности персонала рекомендует применять три подхода:

1) маргиналистский подход, который основан на анализе предельной продуктивности факторов производства;

2) экспертно-статистический. Основан на установлении статистических зависимостей между численностью персонала и влияющими на нее факторами;

3) аналитически-нормативный предполагает анализ конкретного трудового процесса, проектирование рациональной организации

труда, нормирование трудоемкости работ по каждой группе персонала и на этой основе – установление норм численности.

Однако в работе [13] не представлен пример применения данных методов к планированию, а указана формула для определения численности рабочих с учётом норм трудоёмкости и норм обслуживания:

$$Ч_P^{ij} = \frac{\sum_{j=1} P_j H_{ij}}{\Phi_{ij}}, \quad (4)$$

где $Ч_P^{ij}$ – численность работников i -й группы, выполняющих j -й вид работы;

P_j – количество единиц работы j -го вида;

H_{ij} – норма трудоемкости единицы работы j -го вида, выполняемой работниками i -й группы;

Φ_{ij} – плановый фонд рабочего времени одного работника i -й группы за анализируемый период, выполняющего j -й вид работы.

Расчетная численность работников i -й группы, обслуживающих j -й объект, определяется:

$$Ч_{ij} = \frac{N_{ij}}{Ho_{ij}}, \quad (5)$$

где $Ч_{ij}$ – расчетная численность работников i -й группы, обслуживающих j -й объект;

N_{ij} – количество j -х объектов, обслуживаемых работниками i -й группы (в штуках, м²);

Ho_{ij} – норма обслуживания j -го объекта (в штуках, м² и т. п.) одним работником i -й группы (с учетом технологических перерывов).

В работе [14] предложено планировать численность работников по средствам корректировки базисной численности и прямым счетом (таблица 1). Для корректировки базисной численности был разработан укрупненный метод с применением коэффициента роста объема производства в плановом периоде и планируемой численностью за счет основных технико-экономических факторов:

$$Ч_{ПЛ} = k_{О.П} Ч_{б} \pm Э_{ч}, \quad (6)$$

где $k_{О.П}$ – коэффициент роста объема производства в плановом периоде;

$Ч_{б}$ – численность работающих в базисном периоде, чел.;

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОБЗОРА ТЕОРИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ЧИСЛЕННОСТИ РАБОТНИКОВ
ГРУЗОВЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Используемые показатели	ФИО ученого	Результат планирования
Среднесписочное количество автомобилей; коэффициент выпуска автомобилей на линию; общий пробег автомобилей	Н.Ф. Билибина [1], М.П. Улицкий [1], А.Б. Миротин [1], Л.А. Бронштейн [1], М.Д. Столяров [2], М.С. Баш [3]	Среднесписочное число работников в плановом периоде; количество водителей сдельных грузовых автомобилей, численность водителей в расчете на 1 тыс. авт.-ч работы
Трудоемкость работ; плановый коэффициент выполнения норм; нормы по рабочим местам	А.А. Бачурин [12]	Плановая численность ремонтных рабочих
Норма трудоемкости единицы работ по видам; нормы обслуживания объекта	Р.А. Фатхутдинов [13]	Численность работников по группам и конкретным объектам
Технико-экономические факторы; баланс рабочего времени	А.Н. Ильченко [14], И.Д. Кузнецова [14]	Среднесписочная и среднеявочная численность за квартал, год
Абсолютный и относительный излишек или недостаток работающих	П. Э. Шлендер [16]	Численность работников, полученная в результате аудита и контроллинга
Технико-экономические факторы	Р.Б. Ивуть [17], Д.Л. Коржицкий [17, 18]	Показатель уровня организованности производственной системы рассчитанный с применением статистических методов
Полезный (эффективный) фонд рабочего времени	Е.Б. Данилов [15], С.М. Самохвалова [15]	Списочная численность основных производственных рабочих; численность управленческого персонала и специалистов

\mathcal{E}_q – планируемое изменение численности за счет основных технико-экономических факторов, чел.

Авторы [14] не представили зависимости влияния технико-экономических факторов на плановую численность работников.

При расчете численности прямым счетом по категориям работников рекомендуется определять среднесписочную численность (7) и среднеявочную численность (8), которые не позволяют учитывать фактически потребное

количество подвижного состава и ремонтных рабочих в условиях неравномерного спроса на грузовые автомобильные перевозки:

$$\mathcal{C}_{ср.сп} = \left(\sum_{i=1}^n \mathcal{C}_{д.сп} \right) / \Phi_{к.д}, \quad (7)$$

где $\mathcal{C}_{д.сп}$ – списочная численность работников за каждый календарный день (численность в праздничные и выходные дни берут по предыдущему дню), чел.;

$\Phi_{к.д}$ – число календарных дней в месяце.

$$Ч_{ср.сп} = \left(\sum_{i=1}^n Ч_{д.яв} \right) / \Phi_{р.д}, \quad (8)$$

где $Ч_{д.яв}$ – явочная численность работников за каждый месяц, чел.;

$\Phi_{р.д}$ – число рабочих дней в месяце.

А.Н. Ильченко, И.Д. Кузнецова [14] рекомендовали при планировании использовать показатели среднесписочной и среднеявочной численности за квартал, год, которые рассчитывают на основе данных за месяц (см. таблицу 1).

Так как численность рабочих планируют по явочному составу, то при планировании учитываются невыходы на работу, %:

$$H = (1 - Ч_{яв} / Ч_{сп}) \cdot 100, \quad (9)$$

где $Ч_{яв}$ – явочная численность, чел.;

$Ч_{сп}$ – списочная численность, чел.

При применении метода прямого счета рекомендуется составлять баланс рабочего времени. Авторы [14] не учитывают плановые показатели работы грузовых АТП – выработка в тоннах, тонно-километрах и общий пробег.

Е.Б. Данилов, С.М. Самохвалова [15] предложили учитывать полезный (эффективный) фонд рабочего времени для определения списочной численности основных производственных рабочих:

$$Ч_{спис} = \frac{T}{T_{эф} \cdot K_{в,н}}, \quad (10)$$

где $T_{эф}$ – плановый полезный (эффективный) фонд рабочего времени;

$K_{в,н}$ – коэффициент, учитывающий перевыполнение норм;

T – плановая технологическая трудоемкость годовой производственной программы.

Для планирования численности управленческого персонала и специалистов учитываются коэффициент необходимого распределения времени и коэффициент фактического распределения времени [15]:

$$Ч = \left(\sum_{i=1}^n m_i \cdot t_i / T \cdot K_{HPB} \right) + 1 + (t_p / T \cdot K_{HPB} / K_{ФPB}), \quad (11)$$

где $Ч$ – численность персонала определенной профессии, специальности, подразделения;

n – количество видов работ, определяющих загрузку данной категории специалистов;

m_i – среднее количество определенных действий (расчетов, обработки заказов, управленческого вида работ за установленный промежуток времени);

t_i – время, необходимое для выполнения единицы m в рамках i -го организационно-управленческого вида работ;

T – рабочее время специалиста согласно трудовому договору (контракту) за соответствующий промежуток календарного времени, принятый в расчетах;

K_{HPB} – коэффициент необходимого распределения времени;

$K_{ФPB}$ – коэффициент фактического распределения времени;

t_p – время на различные работы.

Формулы (9-11) предназначены для тактического планирования численности руководителей, специалистов, служащих и рабочих предприятия и не учитывают особенности текущей деятельности АТП при взаимосвязи коммерческой и технической эксплуатации (см. таблицу 1).

П.Э. Шлендэр [16] разработал метод определения численности работников основанный на выявлении относительного и абсолютного излишка или недостатка работающих, который включает в себя пять этапов:

1) определение соответствия фактической численности персонала плановой и базисной в целом по промышленно-производительному персоналу и по категориям в отдельности;

2) анализ численности работников предприятия (анализ состава и использования работников);

3) анализ структуры кадров, при проведении которого выявляются соотношения между отдельными категориями персонала, определяется рациональность расстановки и использования рабочей силы;

4) анализ расстановки рабочих;

5) проверка выполнения плана по подготовке и повышению квалификации кадров.

Однако предложенный метод предназначен для аудита и контроллинга персонала организации, а не для текущего планирования работы АТП.

Р.Б. Ивуть, Д.Л. Коржицкий [17, 18] предложили использовать интегрирующий показатель – уровень организованности производственной системы при решении оптимизационной задачи (см. таблицу 1). Математическая модель планирования численности работников учитывает вероятность рассогласования системы, а также регрессионные зависимости численности работников по отдельным категориям и функциям управления от технико-экономических факторов. Преимуществом разработанной методики является использование статистических методов расчета, с помощью которых можно учесть влияние факторов, не имеющих с ней прямой функциональной связи (например, уровень организации производства, техническое состояние производственной базы и т. д.). В работе [17] не указаны технико-экономические факторы, влияющие на численность работников.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты обзора теории планирования численности работников грузового АТП (см. таблицу 1) позволили установить, что созданные методики полностью отвечают требованиям времени их создания и используются в современных условиях. Однако сегодняшние условия модернизации и технологического развития экономики России, реализуемые в рамках федеральных и региональных целевых программ, выдвигают ряд дополнительных требований, которые должны быть учтены при определении производственных мощностей грузовых АТП, особое место в которых занимает численность работников. Поэтому на современном научном уровне решение проблемы планирования численности работников грузовых АТП предполагает разработку нового концептуального подхода, связанного с учётом взаимосвязи коммерческой и технической эксплуатации грузовых АТП, а также с учётом неопределенности и переменного характера спроса на перевозки.

По результатам обзора можно сделать следующие выводы:

1. В современных условиях руководители АТП вынуждены самостоятельно принимать решение о применении разработанных в теории методик планирования численности работников АТП. Однако разработанные ранее методики не позволяют учитывать взаимосвязь коммерческой и технической эксплуатации, а также неопределенность и переменный характер спроса на перевозки.

2. На основе существующего опыта ранее выполненных исследований по определению численности работников необходимо создание методики планирования численности работников, учитывающей особенности практики работы грузовых АТП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Билибина, Н.Ф. Организация, планирование и управление автотранспортными предприятиями / Н.Ф. Билибина, М.П. Улицкий, А.Б. Миротин и др. ; ред. Л.А. Бронштейн. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 1986. – 359 с.
2. Трансфинплан автотранспортного предприятия (объединения) / М.Д. Столяров, Г.М. Савцов, В.И. Кузнецов и др. – М. : Транспорт, 1990. – 239 с.
3. Трансфинплан автотранспортного предприятия : учебное пособие / М.С. Баш, М.Р. Шейнфайн. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1976. – 120 с.
4. Российская Федерация. Гражданский кодекс (2002) : офиц. текст. – М. : Проспект, 2015. – 523 с.
5. Российская Федерация. Трудовой кодекс. – М. : Проспект, 2015. – 256 с.
6. Фадеев, Д.С. Особенности организации труда водителей и оценка их влияния на эффективность работы предприятия / Д.С. Фадеев, В.В. Волковский // Вестник ИрГТУ. – 2016. – № 1 (108). С. 143 – 151.
7. Резник, Л.Г. Концепция развития методологии пространственно-временного подхода к функционированию грузовых автотранспортных систем в условиях переменного характера спроса / Л.Г. Резник, О.Ю. Смирнова // Прогресс транспортных средств и систем – 2009 : материалы Международной научно-практической конференции. – В 2 ч. – Ч. 2. – Волгоград : Волгоград. гос. техн. ун-т, 2009. – С. 71-73.
8. Воркут, А.И. Грузовые автомобильные перевозки / А.И. Воркут.– 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 447 с.
9. Трофимова, Л.С. Современное состояние практики и теории грузовых автомобильных перевозок в текущем планировании : монография / Л.С. Трофимова.– Омск : СибАДИ, 2014. – 123с.
10. Трофимова, Л.С. Анализ применения теоретических положений грузовых автомобильных перевозок для описания функционирования автотранспортных предприятий в текущем режиме /Л.С. Трофимова, В.В. Анохин // Вестник СибАДИ. – 2015. – №1(41). – С. 36-42.

11. Трофимова, Л.С. Математическая модель функционирования грузовых автотранспортных предприятий с учётом взаимосвязи коммерческой и технической эксплуатации для практики планирования / Л.С. Трофимова, В.В. Анохин // Автотранспортное предприятие. – 2016. – № 10. – С. 47 – 51.
12. Планирование и прогнозирование деятельности автотранспортных предприятий / А.А. Бачурин. – Москва : Академия, 2011. – 271 с.
13. Фатхутдинов, Р.А. Организация производства : учеб. для вузов : Р.А. Фатхутдинов. – М. : ИНФРА-М, 2001. – 304 с.
14. Организация и планирование производства : учебное пособие / [А.Н. Ильченко и др.]; под ред.: А.Н. Ильченко, И.Д. Кузнецова. – 2-е изд., испр. – М. : Академия, 2008. – 208 с.
15. Данилов Е.Б. Инструменты тактического планирования персонала предприятия [Электронный ресурс] / Е.Б. Данилов, С.М. Самохвалова // Актуальные проблемы авиа-

ции и космонавтики. – 2014. – № 10. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/instrumenty-takticheskogo-planirovaniya-personala-predpriyatiya> (дата обращения: 11.10.2016).

16. Шлендер, П.Э. Аудит и контроллинг персонала организации : учебное пособие / ред. П.Э. Шлендер. – М. : Вузовский учебник : ВЗФЭИ, 2007. – 224 с.

17. Ивуть, Р.Б. Совершенствование планирования потребности грузовых автотранспортных предприятий в персонале [Электронный ресурс] / Р.Б. Ивуть, Д.Л. Коржицкий // Наука и техника : Вестник БНТУ – 2006. – № 1. – URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-planirovaniya-potrebnosti-gruzovyh-avtotransportnyh-predpriyatiy-v-personale> (дата обращения: 11.10.2016).

18. Коржицкий, Д.Л. Экономический механизм оптимизации численности работников автотранспортных организаций // Вестник ПГУ. – 2004. – № 9. – С. 38-45.

REVIEW OF PLANNING THEORY OF NUMBER OF EMPLOYEES OF FREIGHT MOTOR COMPANY

Annotation. *The article presents the results of the analysis, which allowed the weary twist that previously developed techniques were aimed at planning exponents-lam reached in the previous period, as well as inflow and outflow of rolling stock in accordance with the previously existing system of policy-planning. Application of the rules, regulations and the fund of working time without taking into account the impact of technical and operating characteristics of the planning results do not take into account the peculiarities of the practice-cargo traffic at the relationship of commercial and tech-tion operation. The necessity of creating a number of methods of planning of employees, taking into account the peculiarities of the operation of motor transport enterprise..*

Keywords: *Planning, freight road transport companies, commercial eksplua-ting, technical operation, the number of employees.*

REFERENCES

1. Bilibina N.F. Organizaciya, planirovanie i upravlenie avtotransportnymi predpriyatiyami / N.F. Bilibina, M.P. Ulickij, A.B. Mirotin i dr. ; red.: L.A. Bronshtejn. – 2-e izd., pererab. i dop. – М. : Vyssh. shk., 1986. – 359 s.
2. Transfinplan avtotransportnogo predpriyatiya (ob"edineniya) / M. D. Stolyarov, G. M. Savcov, V. I. Kuznecov i dr. – М. : Transport, 1990. – 239 с.
3. Transfinplan avtotransportnogo predpriyatiya : учебное пособие / М. S. Bash, M. R. SHejnfajn. – 3-e izd., pererab. i dop. – М. : Transport, 1976. – 120 s.
4. Rossijskaya Federaciya. Grazhdanskij kodeks (2002) : ofic. tekst. – М. : Prospekt, 2015. – 523 s.
5. Rossijskaya Federaciya. Trudovoj kodeks.

– М. : Prospekt, 2015. – 256 s.

6. Fadeev D. S. Osobennosti organizacii truda voditelej i ocenka ih vliyaniya na ehffektivnost' raboty predpriyatiya / D.S. Fadeev, V.V. Volkovskij // Vestnik IrGTU. – 2016. – № 1 (108). S. 143 – 151.

7. Reznik L. G. Konceptiya razvitiya metodologii prostranstvenno-vremennogo podhoda k funkcionirovaniyu gruzovyh avtotransportnyh sistem v usloviyah peremennogo haraktera sprosa/ L. G. Reznik, O. YU. Smirnova // Progress transportnyh sredstv i sistem – 2009 : mate-rialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. – V 2 ch. – CH. 2. – Volgograd : Volgograd. gos. tekhn. un-t, 2009. – S. 71-73.

8. Vorkut A. I. Gruzovye avtomobil'nye perevozki / A. I. Vorkut.– 2-e izd., pererab. i dop.- K.: Vishcha shk. Golovnoe izd-vo, 1986. – 447 s.

РАЗДЕЛ III

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

УДК 624.046

ВЛИЯНИЕ ТРЕНИЯ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЕРЕКРЫТИЙ

Ю.В. Краснощеков, В.И. Саунин
ФГБОУ ВО "СибАДИ", Россия, г. Омск

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментально-теоретических исследований конструктивной системы сборного железобетонного перекрытия при отсутствии организованных связей между плитным настилом и ригелями. Эффективность таких систем зависит от взаимного трения элементов при совместных деформациях настила и ригелей. Для численной оценки сил трения проведены экспериментальные исследования на бетонных образцах и фрагментах перекрытий из натуральных изделий. С целью получения расчетных значений сил трения для разных предельных состояний перекрытий выполнен вероятностный анализ коэффициентов трения.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, перекрытие, совместная работа сборных элементов, трение бетона по бетону, вероятностный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

1. Испытания фрагментов перекрытий из конструктивных элементов каркасных зданий, проведенные в разное время, свидетельствуют об эффективном взаимодействии круглопустотных плит с ригелями, имеющими уширения внизу [1 - 5]. Прочность ригелей по нормальным сечениям в конструктивной системе перекрытия увеличивается до 20 %, а жесткость до 30 %.

2. Включение настила в совместную работу с ригелями позволяет значительно повысить эффективность ригелей и перекрытий, в большинстве случаев отказаться от применения высокопрочных бетонов и предварительного напряжения арматуры, не увеличивать толщину перекрытия и тем самым расширить рамки унифицированных решений.

В ЦНИИП реконструкции городов разработали рекомендации по расчету ригелей связевого каркаса типовой серии 1.020-1/83 с учетом совместной работы со сборным настилом при обязательном замоноличивании швов шпоночной формы между плитами и ригелями [6].

Рекомендации не учитывают взаимодействие элементов сборных железобетонных перекрытий при отсутствии шпонок в стыках плитного настила с ригелями связевых кар-

касов. Применение таких (неорганизованных) стыков не исключено на практике (рис. 1). Их эффективность подтверждена экспериментальными исследованиями, проведенными в г. Омске [1 - 3]. В работе [5] поставлена задача уточнения совместной работы элементов перекрытия с неорганизованными сопряжениями плит с ригелями.

МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РИГЕЛЕЙ С ПЛИТАМИ ПРИ НЕОРГАНИЗОВАННЫХ СОПРЯЖЕНИЯХ

Круглопустотные плиты опираются на полки уширения ригелей через слой подстилающего мелкозернистого бетона толщиной 10 мм или насухо.

Кроме вертикального давления от плитного настила балочные ригели испытывают действие сдвигающих усилий взаимодействия. Усилия взаимодействия возникают в результате совместных деформаций и перемещений элементов, характер которых определяется функциональными возможностями связей. В общем случае перемещения опорных частей настила и изгибные деформации ригелей сопровождаются их взаимным сдвигом вдоль линии контакта. Любое ограничение этих деформаций вызывает действие на ригели касательных усилий t (рис. 2).

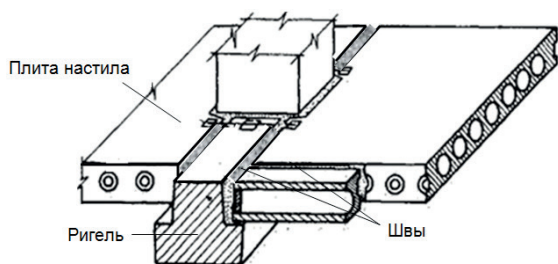


Рис. 1. Фрагмент перекрытия связевого каркаса серии 1.020-1/83 с неорганизованными стыками плит с ригелями

При отсутствии организованных связей сдвигающие усилия возникают вследствие трения бетона по бетону в горизонтальной плоскости контакта и сцепления поверхности железобетонных элементов с материалом, заполняющим контактный шов.

Усилие взаимодействия максимальной ве-

личиной $T = \int_0^{l_0/2} \tau dx$ вызывает растяжение изгибаемого поперечной нагрузкой ригеля. Одновременно с растяжением изгибающий момент в ригеле снижается на величину Tz вследствие сжатия замоноличенных межплитных швов.

Экспериментальное определение сил трения на бетонных образцах

При исследовании совместной работы элементов железобетонных конструкций особое внимание уделяют усилиям взаимодействия, которые обеспечиваются трением. Основанием расчетной оценки сил трения являются многочисленные экспериментальные данные. В работе [1] приведены результаты исследований Гердегена, С.А. Ривкина, М.М. Холмянского, С.М. Меламеда и др.. В большинстве исследований установлен минимальный коэффициент трения бетона по бетону: через слой раствора или насухо $k = 0,48$ (Гердеген, Фидлер, Мейер); $k = 0,5$ для гладких, $k = 0,7$ – шероховатых и $k = 0,9$ для шпоночных швов

(Нильсен и др.); $k = 0,6$ (Вимлер и Мук), $k = 0,6$ – при точечном и $k = 0,85$ – при поверхностном контакте (С.А. Ривкин). По мнению В.И. Лишака, условием разрушения бетонной шпонки может быть преодоление сил трения на опорной поверхности шпонки при коэффициенте трения $k = 0,7 - 0,8$ [7]. При расчете совместной работы ригелей связевых каркасов с плитным настилом рекомендуется учитывать силы трения, которые определяют по коэффициенту трения $k = 0,7$ при расчете по 2 группе предельных состояний и $k = 0,55$ при расчете по 1 группе предельных состояний [4].

Поскольку разброс опытных данных, полученных в разное время и разными методами, весьма велик, были выполнены специальные исследования по оценке сил трения в зависимости от разных факторов: величины и равномерности распределения нормального давления, наличия или отсутствия растворного слоя, а также прочности и условий твердения раствора.

Опытная величина нормального давления соответствовала унифицированным нагрузкам на перекрытия многоэтажных зданий от 0,5 МПа до 1,5 МПа. Неравномерность распределения давления может возникать вследствие изменения его по глубине опирания плит на ригели, а также вдоль шва при совместном действии прижимающих и сдвигающих усилий. Твердение раствора в горизонтальном шве возможно под нагрузкой (от веса плит перекрытий) или при отсутствии её. Прижимающее и сдвигающее усилия передавались домкратами, величину усилий контролировали динамометрами и манометром. Деформации и перемещения измеряли индикаторами часового типа и сдвигомерами.

Эксперимент заключался в определении усилий и перемещений при относительном сдвиге бетонных образцов в виде призм размером 15×15×60 см по схеме (рис. 8). Контакт призм осуществлялся насухо или через слой

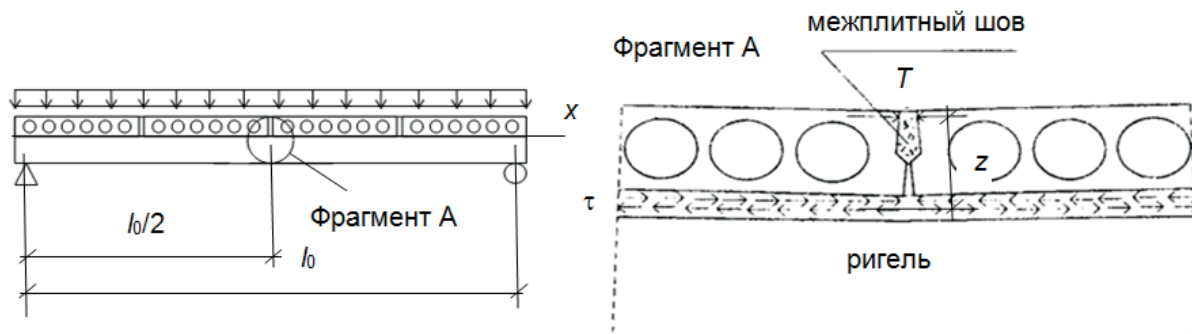


Рис. 2. Схема взаимодействия плитного настила с балочным ригелем

раствора толщиной 10 мм прочностью от 5 МПа до 20 МПа.

Для испытаний была разработано специальное устройство с обеспечением плавной передачи и центрирования прижимающей и сдвигающей нагрузок с контролем их величины и перемещений. Устройство позволяло испытывать контактный шов также на сжатие без сдвига.

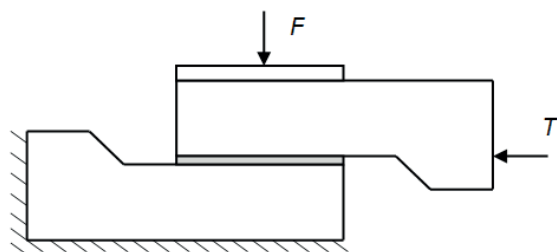


Рис. 3. Схема испытания на сдвиг

Шов между образцами толщиной 10 мм заполняли пескобетоном марок от М15 до М150, часто применяемых в строительстве. Испытывали модели 3 серий с прижимающими нагрузками 0,5 МПа, 1 МПа и 1,5 МПа. В каждой серии контактные слои выполняли «насухо» и из пескобетона прочностью на сжатие 5 МПа, 10 МПа и 20 МПа. Испытания со швами, заполненными пескобетоном, проводили на парах моделей: с твердением под пригрузом и без него. Пригруз обеспечивал давление около 0,1 МПа. Прочность пескобетона контролировали испытаниями контрольных кубиков.

В процессе испытания сначала передавали вертикальную нагрузку ступенями с контролем деформаций сжатия и сдвига. Горизонтальное усилие передавали также ступенями вплоть до сдвига с фиксацией максимального усилия в момент сдвига. Процесс достижения сдвига в каждом испытании повторяли 3-4 раза.

Получены следующие результаты:

- при действии сдвигающей нагрузки деформации сдвига в «сухих» стыках имеют специфический характер: вначале наблюдается рост практически упругих деформаций до 0,1 – 0,5 мм (максимальное значение при отсутствии прижимающей нагрузки) с достижением максимального значения силы сцепления, после преодоления сил сцепления действуют силы трения скольжения, которые постепенно снижаются до минимального значения;

- силы сцепления в «мокрых» стыках увеличиваются пропорционально прочности пескобетона (при увеличении прочности от 2

МПа до 14 МПа с коэффициентом пропорциональности 0,08 силы сцепления увеличились почти в 2 раза) и наличия пригруза при твердении (при отсутствии пригруза силы сцепления меньше на 20 – 30 %);

- во всех испытаниях коэффициент трения скольжения бетона по бетону $k = 0,65 - 0,85$;

- неравномерность распределения напряжений сжатия практически не влияет на величину коэффициента трения;

- при увеличении напряжений обжатия с 0,5 МПа до 1,5 МПа коэффициент трения уменьшается на 15 %;

- силы трения снижаются по мере увеличения пути скольжения, максимальное снижение имеет место при перемещении 5 – 10 мм.

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ АНАЛИЗ СИЛ ТРЕНИЯ

В железобетонных системах силы трения оказывают существенное влияние на деформации и перераспределение усилий между элементами. Однако этим влиянием часто пренебрегают из-за сложности оценки надежности. Такое положение сложилось, очевидно, по причине недостаточной изученности изменчивости факторов, характеризующих трение как физическое явление.

Работа конструктивных связей, в которых действуют силы трения, особенно после преодоления упругого сопротивления сдвигу, носит ярко выраженный пластический характер. Величину сил трения T при этом достаточно точно определяют в зависимости от прижимающей нагрузки F по закону Кулона-Амонтона:

$$T = kF. \quad (1)$$

Коэффициент трения k при действии закона (1) имеет установившееся значение и зависит от многих факторов: свойств материалов, состояния поверхностей взаимодействующих элементов, размеров площади контакта, перемещений и т. д. Большое число факторов взаимодействия – основная причина разброса опытных значений коэффициентов трения бетона по бетону от 0,4 до 1,2.

Обеспечение безопасности конструкций при расчете на усилия трения возможно двумя путями в зависимости от интерпретации метода расчета как полувероятностного или вероятностного.

При полувероятностной интерпретации в методах норм учитывают случайный характер основных факторов: нагрузок и сопротивлений. Если коэффициент трения рассматривать как параметр сопротивления, то для обо-

снованного выбора его расчетной величины необходимо иметь данные о распределении $p(k)$. При законе нормального распределения, как минимум, необходимо знать математическое ожидание \bar{k} и среднее квадратическое (стандартное) отклонение s_k или коэффициент вариации $v = s_k/\bar{k}$. Тогда расчетное значение коэффициента трения можно определить из известной зависимости $k = \bar{k}(1 \pm \beta_k v_k)$, где β_k - численный коэффициент, косвенно связанный с требуемой надежностью. Знак перед $\beta_k v_k$ выбирается в зависимости от того, какое значение k (большее или меньшее) обеспечивает требуемую надежность.

Принимая среднее значение \bar{k} за нормативное k_n , введем по аналогии с коэффициентом надежности по материалу соответствующих коэффициент надежности по трению:

$$\gamma_k = k / k_n = 1 \pm \beta_k v_k. \quad (2)$$

Коэффициент γ_k является характеристикой обеспеченности расчетного значения коэффициента трения. Если пренебречь изменчивостью нагрузок, то данный параметр является основной характеристикой надежности силы трения T , т.е.

$$\gamma_t = T/T_n = 1 \pm \beta_t v_t. \quad (3)$$

При соблюдении принципа равной надежности $\beta_k = \beta_t$ и $v_k = v_t$.

Изменчивость многих нагрузок весьма существенна и учитывается обычно коэффициентом безопасности $\gamma_f = F/F_n = 1 \pm \beta_f v_f$. При учете изменчивости нагрузки получим коэффициент запаса в виде:

$$\gamma_t = \gamma_k \gamma_f = (1 \pm \beta_k v_k)(1 \pm \beta_f v_f). \quad (4)$$

Отсюда можно уточнить характеристику изменчивости усилий трения при $\beta = \beta_k = \beta_f = \beta_t$:

$$\gamma_t = \gamma_k \gamma_f = (1 \pm \beta_k v_k)(1 \pm \beta_f v_f). \quad (5)$$

Среднее значение коэффициента трения, полученное при испытании образцов (рис. 3) $\bar{k} = (0,4 + 1,2)/2 = 0,8$. Коэффициент вариации получим из предпосылки распределения случайной величины коэффициента трения по нормальному закону с учетом правила «трех сигм» $v_k = (1,2 - 0,4)/6 = 0,133$.

Пример 1.

Нагрузки и коэффициент трения распределены по нормальному закону: $\bar{k} = 0,8$; $\bar{F} = 10$ кН; $v_f = 0,05$; $v_k = 0,133$. Ка-

кова расчетная величина T усилия трения при обеспеченности 0,95 ($\beta = 1,64$)?

По формуле (4) $v_t = 0,133 + 0,05 \pm 1,64 \cdot 0,133 \cdot 0,05 = 0,19$ (0,176). По формуле (3) $\gamma_t = 1 \pm 1,64 v_t = 1,312$ (0,711); $T = 0,8 \cdot 10 \gamma_t = 10,5$ (5,7) кН.

При разной обеспеченности нормативных и расчетных параметров имеем:

$$\gamma_t = (1 \pm \beta_k v_k)(1 \pm \beta_f v_f) / (1 \pm \eta_k v_k)(1 \pm \eta_f v_f), \quad (6)$$

где η_k и η_f - коэффициенты, характеризующие обеспеченность нормативных значений k_n и F_n .

В общем случае силу трения следует представить как функцию случайных величин:

$$\bar{T} = \bar{k}\bar{F}. \quad (7)$$

Математическое ожидание функции (7) $T = \bar{k}\bar{F}$. Среднее квадратическое отклонение определим из известного свойства дисперсии произведения случайных величин, допуская отсутствие корреляционной связи между k и F [8, 9]:

$$s_t^2 = s_k^2 s_f^2 + s_k^2 F^2 + s_f^2 \bar{k}^2. \quad (8)$$

Подставляя в выражение (8) $s_t = \pm T(\gamma_t - 1)/\beta$ и соответствующие значения s_f и s_k получим

$$v_t^2 = v_f^2 + v_k^2 + v_f^2 v_k^2 \text{ и}$$

$$\gamma_t = 1 \pm \sqrt{(\gamma_f - 1)^2 (\gamma_k - 1)^2 + \beta^2 ((\gamma_f - 1)^2 + (\gamma_k - 1)^2)} / \beta \quad (9)$$

Коэффициент надежности, определяемый по формуле (9), более точен, так как учитывает вероятностный характер функции силы трения, а не только её отдельных параметров, т.е. является системным.

Пример 2.

По данным примера 1 получим $v_t = 0,142$; $\gamma_f = 1,082$; $\gamma_k = 1,218$; $\gamma_t = 1,233$ (0,767); $T = 9,86$ (6,14) кН.

Расчеты показывают, что при малых значениях v_f или v_k (меньше 0,1) произведениями $v_f^2 v_k^2$ и $(\gamma_f - 1)^2 (\gamma_k - 1)^2$ можно пренебречь и коэффициент γ_t практически не зависит от степени обеспеченности β .

При исключении влияния фактора времени допускается применять элементарные вероятностные модели, основная задача расчета по которым состоит в определении вероятности того, что недопустимое предельное состояние от действия, например, сдвигающего усилия не будет достигнуто. При этом вместо равенства математических ожиданий в виде $T = \bar{k}\bar{F}$ рас-

считается их детерминированное отношение, которое считается коэффициентом запаса:

$$\xi = T/kF. \quad (10)$$

Для анализа вводится случайная величина $\Psi = \tilde{T} - \tilde{F}$. Вероятность наступления предельного состояния (усилия) рассмотрим в виде $P_\Psi = \int p(z)dz$, где z - конечное число независимых параметров.

При любых законах распределения \tilde{T} и \tilde{F} имеем

$$\Psi = T - kF$$

$$\text{и } s_\Psi = \sqrt{s_t^2 + s_f^2 s_k^2 + s_f^2 k^2 + s_k F}. \quad (11)$$

Считаем, что корреляционная связь случайных величин \tilde{k} и \tilde{F} отсутствует. Вероятность предельного состояния выразим в виде

$$P_\Psi(0) = P_\Psi(\Psi - \beta_\Psi s_\Psi), \quad (12)$$

где $\beta_\Psi = \Psi/s_\Psi$ - величина, численно равная обратному значению коэффициента вариации v_Ψ .

При нормальном законе распределения

$$P_\Psi = 0,5 - \Phi(\beta_\Psi), \quad (13)$$

где $\Phi(\beta_\Psi)$ - интеграл вероятности Гаусса.

С учетом выражения (11)

$$\beta_\Psi = (T - kF) / \sqrt{s_t^2 + s_f^2 s_k^2 + s_f^2 k^2 + s_k F^2}. \quad (14)$$

Разделив числитель и знаменатель правой части выражения (14) на kF , получим

$$\beta_\Psi = (\xi - 1) / \sqrt{v_t^2 \xi^2 + v_f^2 + v_k^2 + v_f^2 v_k^2}. \quad (15)$$

Из формулы (15) можно найти ξ , решив квадратное уравнение

$\beta_\Psi^2 (v_t^2 \xi^2 + v_f^2 + v_k^2 + v_f^2 v_k^2) = (\xi - 1)^2$. Получим с учетом равенства $v_t^2 = v_f^2 + v_k^2 + v_f^2 v_k^2$:

$$\xi = 1 + \beta_\Psi \sqrt{[(2 - \beta_\Psi^2 v_t^2) v_t^2 - v_t^2 v_k^2] / (1 - \beta_\Psi^2 v_t^2)}. \quad (16)$$

Минимальное значение T определяется при $\xi = \bar{\xi}$. В этом случае коэффициент запаса находится из формулы

$$\xi = 1 - \beta_\Psi v_t \sqrt{(2 - \beta_\Psi^2 v_t^2) / (1 - \beta_\Psi^2 v_t^2)}. \quad (17)$$

Пример 3.

По данным примера 2 определить значения коэффициентов запаса и сдвигающих усилий при $\beta_\Psi = 1,64$. По формуле (16) получено $\xi_{\max} = 1,333$; $T_{\max} = 10,66$ кН; $\xi_{\min} = 0,666$; $T_{\min} = 5,33$ кН.

Среднему значению сдвигающего усилия $T = 10,34$ (5,72) кН, полученному с применением различных расчетных моделей, соответствует результат расчета по первой модели.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТРЕНИЯ НА ФРАГМЕНТАХ ПЕРЕКРЫТИЯ

Результаты испытаний образцов требуют проверки на натуральных конструкциях в условиях, максимально приближенных к действительным. Поэтому были проведены экспериментальные исследования деформативности и прочности стыкового соединения настила с ригелем на фрагментах перекрытия из реальных конструкций. Кроме задач, решенных при испытании образцов, выявляли влияние деформаций изгиба ригеля и плит настила.

Испытательный стенд представлял собой фрагмент перекрытия из двух ячеек 6×6 м, собранный из круглопустотных плит, опирающихся на уширения ригелей серии ИИ-04 через слой пескобетона толщиной 10 мм. Прочность пескобетона контролировали испытанием кубиков. Твердение пескобетона происходило под нагрузкой от веса плит. Деформации и перемещения измеряли тензодатчиками. Прижимающую и сдвигающую нагрузки ступенями передавали гидравлическими домкратами.

По результатам испытаний сделаны следующие выводы:

- начальные силы сцепления на 5 – 10 % превышают силы трения скольжения;
- изгибные деформации ригеля и плит практически не влияют на величину сил трения;
- при малых напряжениях обжатия (до 0,35 МПа) коэффициент трения не менее 1;
- средние значения сил трения в кН/м рекомендуется определять в зависимости от вертикальной нагрузки q по формуле $t = 20,1 + 0,468q$;
- применение выравнивающего слоя из пескобетона (раствора) повышенной прочности (не менее М200) улучшает работу соединения на сдвиг.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования подтвердили эффективность совместной работы пустотного на-

стила с ригелями в перекрытиях связевых каркасов при отсутствии организованных связей между сборными железобетонными элементами.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Краснощёков, Ю.В. Взаимодействие сборных настилов с контурными опорными элементами в железобетонных перекрытиях : дис. ... канд. техн. наук / Ю.В. Краснощёков. - М. : МИСИ, 1976. - 186 с.
2. Саунин, В.И. Влияние плит на несущую способность и жесткость ригелей / В.И. Саунин, В.С. Мартемьянов, В.А. Селиванов. // Бетон и железобетон. - 1981. - №5. - С. 7-8.
3. Краснощёков, Ю.В. Учет влияния сборного железобетонного настила при расчете ригелей / Ю.В. Краснощёков, В.И. Саунин, Е.В. Шилов // Бетон и железобетон. - 1983. - № 6. - С. 20-21.
4. Кутовой, А.Ф. Экспериментальное исследование работы ригелей в составе пере-

крытия / А.Ф. Кутовой // Экспериментальные и теоретические исследования сборных железобетонных конструкций : сб. научных трудов. - М. : ЦНИИЭПжилища, 1983. - С. 99-105.

5. Краснощёков, Ю.В. Экспериментальные исследования взаимодействия элементов сборных железобетонных перекрытий / Ю.В. Краснощёков, В.И. Саунин // Вестник СибАДИ. - 2016. - №5. - С. 95-100.
6. Рекомендации по расчету ригелей связевого каркаса с учетом совместной работы со сборным настилом [Электронный ресурс]. - М.: 1989. - Режим доступа: <http://mooml.com>
7. Горачек, Е. Прочность и жесткость стыковых соединений панельных стен (Опыт СССР и ЧССР) / Е. Горачек, В.И. Лешак, Д. Пуме и др. - М. : Стройиздат, 1980. - 192 с.
8. Капур, К. Надежность и проектирование систем / К. Капур, Л. Ламберсон. - М. : Мир, 1980. - 354 с.
9. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С. Вентцель. - М. : Высш. шк., 1999. - 576 с.

INFLUENCE OF FRICTION ON THE INTERACTION BASIC SHAPES MADE FROM CONCRETE

Annotation. presents the results of experimental and theoretical studies of the structural system of precast reinforced concrete slab in the absence of a link between slab flooring and bolts. The effectiveness of such systems depends on the mutual friction elements with joint deformities flooring and beams. Experimental studies on concrete samples, and overlapping fragments of natural products made for the numerical evaluation of the frictional forces. In order to obtain the calculated values of friction forces for different limit states floors made probabilistic analysis of the coefficients of friction.

Keywords: reinforced concrete structures overlap, teamwork prefabricated concrete friction on concrete, probabilistic analysis.

REFERENCES

1. Krasnoshchekov Y.V. Vsaimodeistvie sbornych nastilov s konturnymi opornymi elementami v gelesobetonnyh perekrytijach [Interaction modular decking with contoured support elements in gelezobetonnyh ceilings]. Diss.... cand. tehn. science. Moscow, MISI, 1976. 186 p.
2. Saunin V.I., Martem'yanov V.S., Selivanov V.A. Vliyanie plit na nesushchuyu sposobnost i gestkost rigelej [The impact plates on the load-bearing capacity and rigidity of the crossbars]. Beton i gelesobeton, 1981, no 5, pp. 7-8.
3. Krasnoshchekov Y.V., Saunin V.I., Shilov E.V. Uchet vliyaniya sbornogo nastila pri raschete rigelej [Accounting for the effects of precast concrete flooring in the calculation of transoms]. Beton i gelesobeton, 1983, no 6, pp. 20-21.
4. Kutovoy A.F. Experimental'noe issledovanie raboty rigelej v sostave perekrytiya [Experimental

research work crossbars composed of overlapping]. Sbornik Trudov ZNIEPzhilishcha «Experimental'nye i teoreticheskie issledovaniya sbornych gelesobetonnyh konstrukzii» [Coll. scientific papers ZNIEPzhilishcha «Experimental and theoretical study of precast concrete structures»], 1983, pp. 99-105.

5. Krasnoshchekov Y.V., Saunin V.I. Experimental'nye issledovaniya vsaimodeistviya elementov sbornych gelesobetonnyh perekrytij [Experimental studies of the interaction of elements of prefabricated reinforced concrete slabs]. Vestnik SibADI, 2016, No 5. pp. 95-100.
6. Rekomendazii po raschetu rigelej swyasewogo karkasa s uchetom sownestnoj raboty so sbornym nastilom [Guidelines for the calculation of the frame crossbars svjaseva considering working together with teams of flooring]. Moscow. 1989, <http://mooml.com>.
7. Horacek E., Lishak V.I., Puma E. Prochnost i gestkost stykovykh soedinenij panelnykh sten

(Opyt SSSR I CHSSR) [The strength and stiffness of joints of panel walls (experience of the USSR and Czechoslovakia)]. Moscow, Stroyizdat, 1980. 192 p.

8. Kapoor K., Lamberson L. Nadegnost I proektirovaniye system [Reliability and system design]. Moscow, Mir, 1980. 354 p.

9. Ventzel E.S. Teoriya veroyatnostej [Probability theory]. Moscow, Vysshaya shkola, 1999. 576 p.

Краснощёков Юрий Васильевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Строительные конструкции», Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ). Основное направление научной деятельности: взаимодействие элементов конструктивных систем; общее количество опубликованных работ: 150, e-mail: uv1942@mail.ru.

Саунин Владислав Иванович – доцент, Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ). Основное направление научной деятельности: исследование конструктивных систем; общее количество опубликованных работ: 20, e-mail: saunina48@mail.ru.

Yuri V. Krasnoshchekov (Omsk, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of building structures, Omsk «SibADI» (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: kras1942@mail.ru).

Vladislav I. Saunin (Omsk, Russian Federation) – Ass., Department of building structures, Omsk «SibADI» (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: saunina48@mail.ru).

УДК 624.13:625.7:67.08

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОЛОШЛАКОВЫХ СМЕСЕЙ

А.А. Лунёв¹, В.В. Сиротюк¹, Е.В. Иванов²
¹ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия г. Омск²ООО «Автодорпроект», Россия, г. Омск

Аннотация. В статье рассматриваются результаты экспериментальных испытаний золошлаковой смеси из золоотвала Омской ТЭЦ-4, работающей на Экибастузском угле. В ходе проведенных исследований определены деформационные характеристики этого техногенного грунта в зависимости от степени его уплотнения и влажности.

Оценена его пригодность в качестве строительного материала для возведения насыпей земляного полотна автомобильных дорог, а также как основания зданий и сооружений.

Ключевые слова: золошлаковая смесь, лабораторные испытания, деформационные характеристики, параметры для математического моделирования.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем строительной отрасли является нехватка природных строительных материалов во многих регионах РФ. В пригороде Омска, как и в других мегаполисах, имеются существенные трудности с изысканием кондиционных грунтов для планировочных работ на строительных площадках и возведения насыпей земляного полотна автомобильных дорог.

В тоже время в РФ накоплено более 1,3 млрд. т золошлаковых отходов (ЗШО) тепловых электростанций (ТЭС). Только в Омске

в трёх золоотвалах сосредоточено более 65 млн. т ЗШО и ежегодно этот объём увеличивается ещё на 1 млн.т [1]. Золошлаковые смеси (ЗШС), находящиеся в золоотвалах, расположенных в пригороде Омска, могут стать источником столь нужного техногенного грунта

Ранее мы изучили и опубликовали результаты исследований некоторых прочностных характеристик этого техногенного грунта [2] и особенностей водно-теплового режима насыпей из ЗШС [3]. Главным препятствием на сегодняшний день, ограничивающим использование ЗШС в строительстве, является недостаточная изученность их физико-механи-

ческих свойств и, следовательно, величины расчётных параметров для проектирования инженерных сооружений.

Для обоснования возможности применения ЗШС в строительстве необходимо изучить деформационные характеристики этого техногенного грунтового материала, сравнить с параметрами природных грунтов, использующихся в регионе. На базе полученных данных планируется разработать математические модели, позволяющие обоснованно назначать расчётные показатели этого техногенного грунта при проектировании насыпей для вертикальной планировки под строительные площадки и земляное полотно автомобильных дорог.

В ходе исследований были выполнены следующие эксперименты:

- определение модуля деформации на компрессионных приборах при различных значениях влажности и степени уплотнения ЗШС;
- определение модуля упругости на компьютеризированном прессе при различных значениях влажности и степени уплотнения ЗШС;
- проведения консолидировано-дренированных испытаний ЗШС в приборе трехосного сжатия при различных значениях влажности и степени уплотнения.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследование модуля деформации ЗШС осуществляли на компрессионном приборе КПр-1М, в соответствии с методикой ГОСТ 12248-2010 [4]. Образцы изготавливали в форме большого прибора стандартного уплотнения аналогично методике испытаний, описанной в ГОСТ 22733-2002 [5], варьируя степень уплотнения числом ударов груза этого прибора.

Зависимость модуля упругости ЗШС от влажности и степени уплотнения определяли по методике рычажного прессы, изложенной в ВСН 29-76 [6]. Уплотнение образца в форме осуществляли с помощью гири от большого прибора стандартного уплотнения. Поскольку диаметр формы больше, чем наковальни, грунт уплотняли послойно, перемещая её по схеме, применяемой в тесте «А» метода Проктора [7, 8]. Контроль плотности и влажности осуществляли взвешиванием формы, заполненной грунтом, и отбором проб для определения влажности по ГОСТ 5180-2015 [9].

В качестве нагружающего устройства при определении модуля упругости ЗШС использовали универсальную машину AL-7000 LA 10,

позволяющую прикладывать ступенчатую статическую нагрузку к деформируемому образцу. Нагрузку передавали посредством штампа диаметром 3,56 см, площадью 10 см². Осадки измерялись с помощью индикаторов часового типа и путем контроля перемещения штока универсальной машины, что увеличило точность измерений. На рисунке 1а изображена форма для испытаний с установленным штампом до закрепления индикаторов, а на рисунке 1б след от штампа после разгрузки.

Нагружение осуществляли до уровня напряжений, при которых начинали проявляться интенсивные пластические деформации, после чего производили разгрузку и измеряли упругие деформации на поверхности образца.

Испытания на трехосное сжатие ЗШС проводили по методике [4]. Изготовление образцов выполняли путем формовки монолита грунта в большом приборе стандартного уплотнения и последующей забивки гильзы в массив. Извлеченный образец помещался в герметичную резиновую оболочку (рисунок 2а). После чего устанавливалась камера прибора, в неё заливали дистиллированную деаэрированную воду и подавали боковое давление (рисунок 2б).

Эти испытания проводили по консолидировано-дренированной схеме, в стабилометре типа «А» при боковом давлении 100 кПа. Деформации, давление в камере и поровое давление фиксировали датчиками комплекса АСИС. Ступени вертикального нагружения и время стабилизации деформаций выбирали как для пылеватых песков в соответствии с [4].

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

На рисунке 3 представлены результаты определения модуля деформации образцов ЗШС в компрессионном приборе в зависимости от коэффициента уплотнения и влажности этого материала.

На графике (рисунок 3а) виден прирост величины модуля деформации при увеличении коэффициента уплотнения ЗШС (росте плотности скелета грунта). Мы объясняем это увеличением количества контактов частиц в структуре грунта, что ведет к снижению контактных напряжений и уменьшает сминание малопрочных агрегатов. Более значительный прирост модуля деформации в условиях компрессионного прибора при нагрузке 300 кПа связан с таким состоянием грунта, при котором не происходит переупаковки частиц за

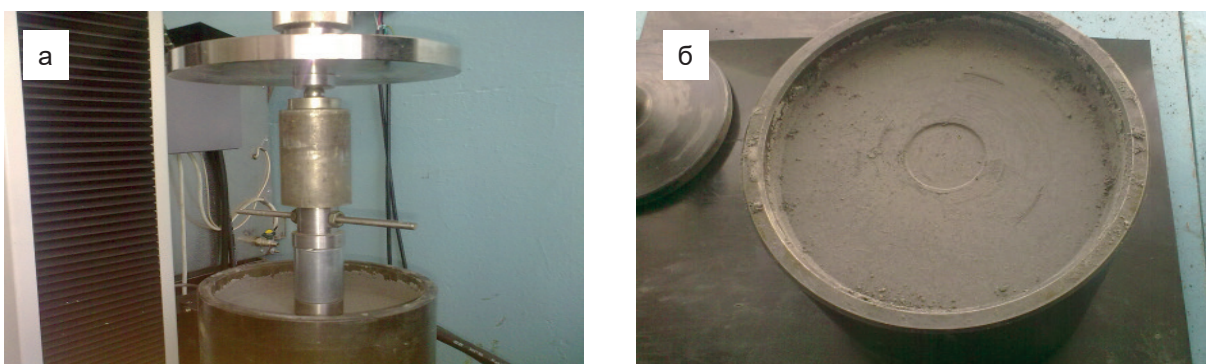


Рис.1. Определение модуля деформации ЗШС:
а – образец в нагружающем устройстве; б – след от штампа

счет скольжения агрегатов, а осадка может объясняться разрушением частиц плотно заземленных в своих положениях.

Исследование ЗШС с разной влажностью указывает на снижение компрессионного модуля деформации с ростом влажности. При увеличении влажности вода раздвигает частицы ЗШС, что ослабляет их структурные связи. Кроме того, увеличение толщины водных пленок способствует увеличению осадок, т.к. их деформативность, выше, чем у зольных частиц.

Изменение значения модуля упругости ЗШС в зависимости от коэффициента уплотнения приведены на рисунке 4а, в зависимости от влажности на рисунке 4б.

Как известно, в процессе уплотнения происходит более компактная упаковка частиц за счет местных сдвигов и соскальзывания мелких частиц в поры между более крупными, что повышает сопротивление сдвигу в грунте.

При максимальном уплотнении эти сдвиги практически затухают, и грунт начинает работать в стадии обратимых деформаций. Чем выше коэффициент уплотнения, тем более плотная структура скелета грунта, а значит, распределение нагрузки произойдет на большее число точек контакта. Помимо увеличения структурной прочности это снижает общую деформативность материала, чем и обусловлен рост модуля упругости [10].

Методика испытаний при разной влажности предусматривала работу грунта при т.н. «бытовой» плотности (что примерно соответствует коэффициенту уплотнения ЗШС 0,95). В противоположность уплотнению, повышение влажности грунта вызывает разуплотнение скелета, причем, чем выше влажность, тем сильнее негативный эффект. Повышение влажности до полной влагоемкости создает эффект взвешивания частиц. Прямые контакты частиц ЗШС уменьшаются, а действующее

поровое давление воды окончательно разуплотняет грунт.

В рамках стабилметрических испытаний определяли секущий модуль упругости, являющийся необходимым показателем для прогнозирования деформативности грунтов с использованием модели грунта Hardening Soil. Этот показатель представляет собой модуль деформации грунта при половине значения девиатора напряжений в момент разрушения [11]. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СЕКУЩЕГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ

Коэффициент уплотнения	0,9	0,95	1,0
Секущий модуль упругости, E50, МПа	11,26	13,23	13,89

Помимо секущего модуля, в приборе трехосного сжатия были определены значения модуля деформации при разной величине вертикальной нагрузки (рисунок 5).

В отличие от компрессионного модуля деформации (см. рисунок 3), в приборе трехосного сжатия с ростом нормального давления не происходит возрастания реактивного давления от боковых поверхностей, поэтому образец грунта имеет возможность расширяться. При росте нормального давления с боковым расширением образца скелет грунта переформируется. Увеличиваются местные сдвиги пока не достигается участок текучести грунта и следующее за ним разрушение образца.

Характер и внешний вид разрушения образцов также различается. При коэффициентах уплотнения ЗШС 0,9 и 0,95 деформация цилиндрического образца происходит с разру-

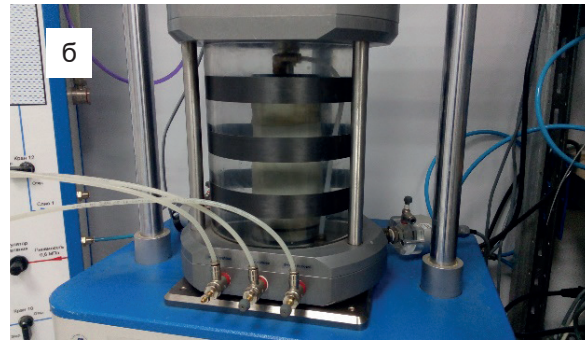
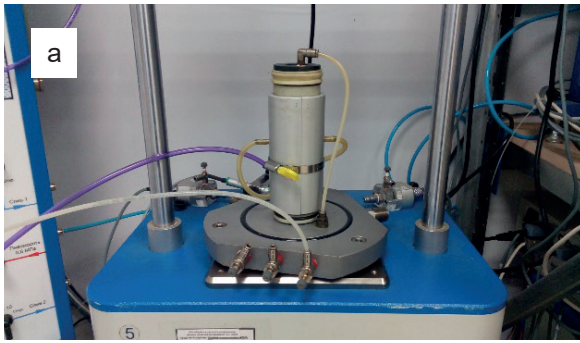


Рис. 2. Испытания ЗШС в приборе трехосного сжатия: а – образец обтягивается оболочкой; б – камера прибора с образцом

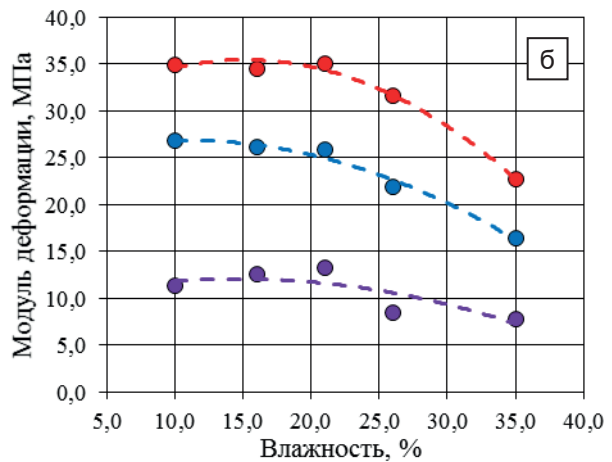
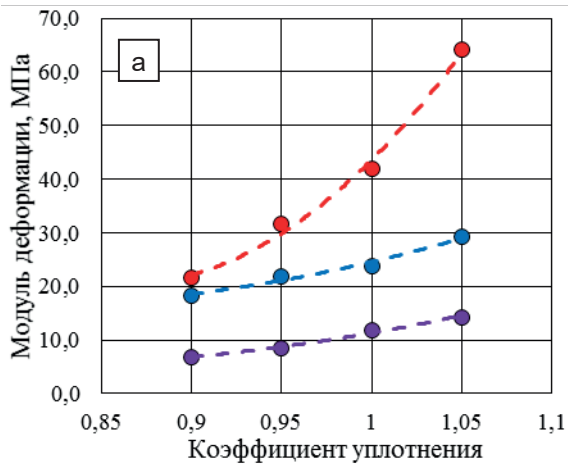


Рис.3. Зависимость модуля деформации ЗШС от коэффициента уплотнения (а) и влажности (б): ● – при вертикальном давлении 100 кПа; ● – 200 кПа; ● – 300 кПа.

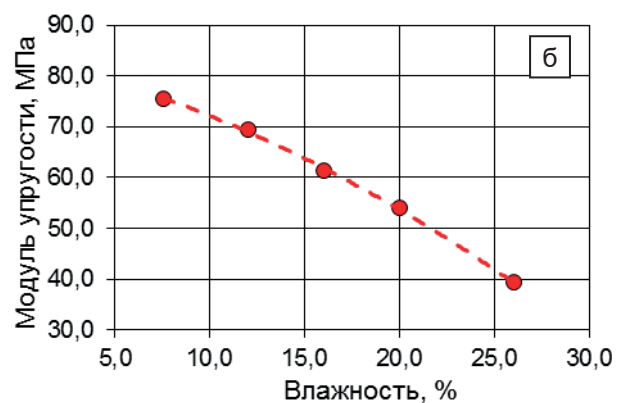
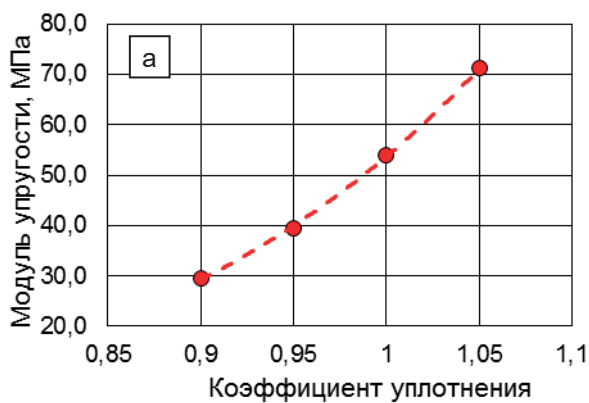


Рис.4. Зависимость модуля упругости ЗШС от коэффициента уплотнения (а) и влажности (б)

шением по виду «бочки», а более плотный образец (с коэффициентом уплотнения 1,0 и более) разрушается иначе – в виде диагональной плоскости сдвига. Это говорит о более прочной, но хрупкой его структуре, свойства которой определяются, по-видимому, более значительными механическими контактами частиц [12].

Несмотря на хрупкий характер разрушения, боковое расширение образца в процессе деформирования происходило более интенсивно, чем в менее плотных образцах. Вероятнее всего это связано с большими размерами пор в структуре менее уплотненной ЗШС, которые в первую очередь заполнялись мелкими частицами при местных сдвигах. Это, в свою

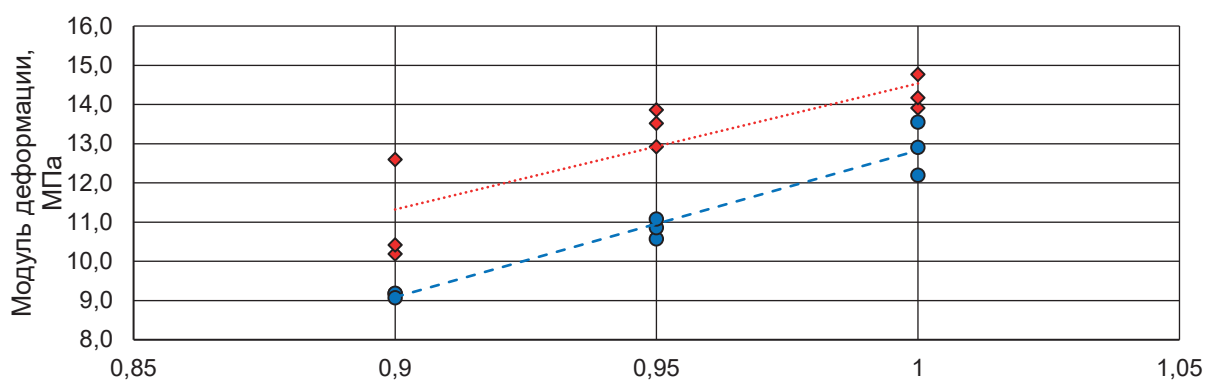


Рис. 5. Зависимости модуля деформации ЗШС от коэффициента уплотнения:
● – при вертикальном давлении 100 кПа; ◆ – при вертикальном давлении 200 кПа

очередь, препятствовало интенсивному боковому расширению.

Результаты определения коэффициентов Пуассона ЗШС при разной плотности образцов приведены в табл. 2.

Таблица 2

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПУАССОНА ЗШС

Коэффициент уплотнения	0,9	0,95	1,00
Коэффициент Пуассона	0,094	0,133	0,167

В рамках исследования было проведено сравнение деформационных характеристик ЗШС с характеристиками природных грунтов [13 (табл. 3)].

ВЫВОДЫ

1. Исследуемая ЗШС относится к среднедеформируемым грунтам по классификации ГОСТ 25100 [14].

2. Деформативные параметры ЗШС зависят о плотности грунта, причем, увеличение плотности на 0,01 ед. коэффициента уплотнения дает прирост модуля упругости от 6,3 до 7,5 %, а модуля деформации от 2,3 до 4,6 %.

3. Влияние влажности на деформативные параметры ЗШС существенно, хотя и несколько ниже чем плотности. Причем, при оптимальной влажности значение модулей упругости и деформации имеет наименьшую величину.

4. В рамках испытаний на трехосное сжатие было отмечено изменение характера разрушения образца из ЗШС в зависимости от степени его уплотнения (переход от типа разрушения «бочка» к разрушению со сколом массива), что требует дополнительного изу-

чения особенностей структурного сцепления ЗШС с повышенной плотностью.

5. Значения коэффициента Пуассона ЗШС, полученные при стабилметрических испытаниях, оказались существенно ниже, чем значения, полученные на основе анализа экспериментов Биареза, Брукера, Михайловского, Яку, Мауне, Kulhawy [15]. Возможно, это связано с боковым обжатием образцов или их недостаточным уплотнением, что требует дополнительной серии испытаний без бокового давления.

6. Сравнение величины модулей деформации природных грунтов и ЗШС показывает, что этот показатель у техногенного грунта несколько ниже, чем у песчаных грунтов, но не уступает природным глинисто-пылеватым грунтам.

7. В первом приближении установлено, что ЗШС является грунтовым строительным материалом с деформативными показателями вполне пригодными для устройства оснований зданий и сооружений любого класса ответственности.

ПЛАНЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВКЛЮЧАЮТ В СЕБЯ:

- математическое моделирование устойчивости насыпей земляного полотна из ЗШС с использованием модели Mohr-Coulombi Hardening Soil;

- математическое моделирование несущей способности оснований из ЗШС для зданий и сооружений с использованием вышеуказанной модели;

- проведение дополнительных экспериментов для определения коэффициента Пуассона ЗШС в условиях отсутствия бокового давления;

- продолжение изучения прочностных и де-

РАСЧЁТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ ПРИРОДНЫХ ГРУНТОВ

Геолого-генетический комплекс	Вид грунта	Показатель текучести	Значения модуля деформации грунтов (МПа) при коэффициенте пористости, равном					
			0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95
Пылевато-глинистые нелёссовые грунты								
Аллювиальные, делювиальные	Супеси	$0 < I_L \leq 0,75$	32	24	16	10	7	-
	Суглинки	$0 < I_L \leq 0,25$	34	27	22	17	14	11
		$0,25 < I_L \leq 0,5$	34	25	19	14	11	8
		$0,5 < I_L \leq 0,75$	-	-	17	12	8	6
Озерные, озерно-аллювиальные	Глины	$0 < I_L \leq 0,25$	-	28	24	21	18	15
		$0,25 < I_L \leq 0,5$	-	-	21	18	15	12
		$0,5 < I_L \leq 0,75$	-	-	-	15	12	9
Флювиогляциальные	Супеси	$0 < I_L \leq 0,75$	33	24	17	11	7	-
	Суглинки	$0 < I_L \leq 0,25$	40	33	27	21	-	-
		$0,25 < I_L \leq 0,5$	35	28	22	17	14	-
		$0,5 < I_L \leq 0,75$	-	-	17	13	10	7
Моренные	Супесь Суглинок	$< I_L \leq 0,5$	55	45	-	-	-	-
Песчаные грунты								
Гравелистые и крупные		-	50	40	38	-	-	-
Средней крупности		-	50	40	30	-	-	-
Мелкие		-	48	38	28	18	-	-
Пылеватые		-	39	28	18	11	-	-

формационных показателей ЗШС с разным гранулометрическим составом;

- продолжение изучения особенностей структурообразования, прочностных и деформационных показателей насыпей из ЗШС в процессе их уплотнения, увлажнения – высушивания, замораживания – оттаивания.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-48-550508 p_a).

Научные исследования по теме «Результаты исследований деформационных характеристик золошлаковых смесей» выполнены за счет средств бюджета Омской области

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1) Бирюков, В.В. Энергопроизводство и утилизация золошлаковых отходов / В.В. Бирюков, С.Е. Метелев, В.В. Сиротюк, В.Р. Шевцов // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета. – М. – 2008. – №2(23) – С.221-229.

2. Лунёв, А.А. Экспериментальные исследования прочностных характеристик золошлаковой смеси / А.А. Лунёв, В.В. Сиротюк, Н.И. Барац // Вестник СибАДИ. –2016. – №6 (51).

3. Иванов, Е.В. Обоснование применения золошлаковых смесей для строительства земляного полотна с учетом водно-теплого-

го режима: дис. ... канд. техн. наук: 26.02.15: защищена 26.02.2015: утв. 01.07.2015 / Е.В. Иванов; науч. рук. проф. В.В. Сиротюк. – Омск, 2015. – 165 с.

4. ГОСТ 12248-2010. Грунты. Методы лабораторного определения характеристик прочности и деформируемости. – Введ. 2012-01-01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 88 с.

5. ГОСТ 22733-2002. Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности. – Введ. 2003-07-01. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 16 с.

6. ВСН 29-76. Технические указания по оценке и повышению технико-эксплуатационных качеств дорожных одежд и земляного полотна автомобильных дорог. – Введ. 1978-01-01. – М.: Транспорт, 1977. – 102 с.

7. Определение максимальной плотности грунтов, стандартным и модифицированным методами Проктора : методические указания / сост. : А.С. Александров, Т.В. Семенова, Г.В. Долгих. – Омск: СибАДИ, 2014. – 35 с.

8. ASTM D 1557 – 12. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft – lbf / ft³ (2,700 KN – m / m³)). ASTM International, West Conshohocken, P.A., 2012. – 14 p.

9. ГОСТ 5180-2015. Грунты. Методы лабо-

раторного определения физических характеристик.–Введ. 2016-04-01. – М. : Стандартинформ, 2016. – 20 с.

10. Цытович, Н.А. Механика грунтов (краткий курс) : учебник для вузов. 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1983. – 228 с.

11. Строкова, Л. А. Определение параметров для численного моделирования поведения грунтов // Известия ТПУ [Электронный ресурс]. – Электрон журн. – 2008. – Т. 313, – №1. – Режим доступа: <http://izvestiya.tpu.ru/ru/archive/old/article.html?id=188044&journalId=176237>

12) Болдырев, Г.Г. Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса / Г.Г. Болдырев. – Пенза : Изд-во ПГУАС, 2008. – 696 с.

13) СП 22.13330-2010. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – Введ. 2011-05-20. – М. : Минрегион России, 2011. – 166 с.

14) ГОСТ 25100-2011.Грунты. Классификация. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.

15) Александров, А.С. Совершенствование расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу. Ч 1. Состояние вопроса: Монография / А.С. Александров. – Омск : СибАДИ, 2015. – 292 с.

Experimental research of the deformation properties of ash and slag mixtures

Annotation. In the article discusses the results of laboratory tests coal ash and slag mixture from the ash pound of Omsk's TPP-4, working on the Ekibastuz coal. In the course of these studies identified the deformation properties of this man-induced soil depending on the degree of compaction and moisture content.

Suitability as a soil material for the construction embankments, subgrade of roads, and as the Foundation of buildings and structures was evaluated. The empirical dependence of the properties of ash and slag mixture from moisture and maximum dry density had been obtained in this research. Comparison of strength characteristics of ash and natural soil from our region also was carried out.

Keywords: ash and slag mixture, laboratory test, deformation properties, parameters for the mathematical modeling.

REFERENCES

1. Biryukov, V.V. the Generation and disposal of waste ash / V.V. Biryukov, S.E. Metelev V.V. Syrotiuk, V.R. Shevtsov // Bulletin of Russian state trade-economic University. The scientific journal. – М.– 2008. – №2(23) – Pp. 221-229.

2. Lunev A.A. Experimental study of strength characteristics of ash and slag mixture / A.A. Lunev, V.V. Sirotyuk, N. And. Baratz // Vestnik SibADI. 2016. – №6 (51). – Pp.72-79.

3. Ivanov, E.V. justification of the application of slag mixtures for construction of earthen-Lota with the water-thermal regime: the dissertation...

kand. tech. Sciences: 26.02.15 p: 26.02.2015 protected: approved. 01.07.2015 / E.V. Ivanov; scientific. hands. Professor V.V. Sirotyuk. – Омск, 2015. – 165 p.

4. GOST 12248-2010. Soils. Methods of laboratory determination of strength characteristics and de-formiruemoi. – J. 2012-01-01. – М.: STAN-DARTINFORM, 2011. – 88 p.

5. GOST 22733-2002. Soils. Laboratory method for determining maximum density. . 2003-07-01. – М.: Gosstroy of Russia, GUP tspp publ., 2003. 16 p.

6. BCH 29-76. Technical guidance on assessing and improving the technical and operating

мощности (толщины). В тоже время такие условия не свойственны дорожным конструкциям, где имеют место достаточно тонкие слои. При этом водонасыщенные слои дорог могут перемежаться с водоупорными слоями. Например, асфальтовый слой является гидроизоляцией, а слой щебня или песка, наоборот, является дренирующим, то есть пропускающим воду в заданном направлении. Наличие тонких водоносных слоёв в конструкциях дорог вызывает существенные нелинейности в математическом описании исходных дифференциальных уравнений фильтрации. Поэтому в данной работе автор предлагает новый подход для фильтрационных расчётов и компьютерного моделирования при защите от подтопления дорог. Суть этого подхода состоит в использовании оригинального метода сочетания автомодельных движений и численного моделирования фильтрации воды в тонких слоях дорожных конструкций.

Ключевые слова: теория фильтрации, дорожные конструкции, подтопление.

ВВЕДЕНИЕ

Движение воды по порам и трещинам дорожных конструкций всегда представляет научный и практический интерес. Своевременное удаление лишней воды из дорожных слоёв избавляет дорогу от преждевременного разрушения в виде вымывания строительного материала или морозного пучения. Защита от подтопления дорог является актуальной проблемой. Упомянутое движение воды чаще всего происходит в ламинарном режиме. Поэтому расчёт и моделирование этого процесса можно проводить в рамках классической теории фильтрации, основанной на законе Дарси. Однако готовые аналитические решения в виде удобных инженерных формул, полученных на основе закона Дарси, следует применять с осторожностью. Особенно в сфере дорожного строительства. Это связано с тем, что слои дорожных конструкций относительно тонкие, их толщина редко превышает размер более одного метра. В следствие этого надо всегда помнить, что известные решения в теории фильтрации были получены в XIX-XX веках в основном для водоносных пластов мощностью (толщиной), как правило, превышающих несколько метров или даже десятков метров. Это объяснимо особенностью применения данных решений для целей водоснабжения, защиты от подтопления в городском строительстве и сельскохозяйственной мелиорации, а также в горнодобывающей промышленности. В тоже время такие условия не свойственны дорожным конструкциям, где имеют место достаточно тонкие слои. При этом водонасыщенные слои дорог могут перемежаться с водоупорными слоями. Например, асфальтовый слой является гидроизоляцией, а слой щебня или песка, наоборот, является дренирующим, то есть пропускающим воду в заданном направлении. Наличие тонких водоносных слоёв в конструкциях дорог вызывает существенные нелинейности в математическом описании исходных

дифференциальных уравнений фильтрации. Поэтому в данной работе автор предлагает новый подход для фильтрационных расчётов и компьютерного моделирования при защите от подтопления дорог. Суть этого подхода состоит в использовании оригинального метода сочетания автомодельных движений и численного моделирования фильтрации воды в тонких слоях дорожных конструкций.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Подавляющее большинство потоков воды, просачивающихся через поры и трещины, движется в ламинарном режиме [1-9]. Если сплошность такого потока не нарушается, то он с достаточной для практики точностью может быть объяснён и рассчитан с помощью эмпирического закона Дарси. Этот закон соблюдается даже в глинах, что было доказано В.М Павилонским. Производя многолетние лабораторные опыты в связи с проблемой хранения токсичных жидких отходов, данный автор обнаружил в 1964 году [10], что начального градиента напора не существует даже для глин. В последствии, на конференции в Дублине он подробно доложил об этом международной научной общественности [11]. Несколько позднее, Х.В. Олсен также подтвердил отсутствие начального градиента напора [12, 13]. Тем не менее, в смежных технических науках, а именно в механике грунтов и проектировании фундаментов зданий и сооружений, можно встретить утверждение о существовании начального градиента напора воды, при котором якобы фильтрационного движения воды не происходит. Данные разногласия между теорией фильтрации и механикой грунтов не устранены до сих пор.

Гидравлическая теория фильтрации воды находит широкое применение в гидрогеологии, водоснабжении, при защите от подтопления городов и сельскохозяйственных территорий. Её

основной принцип состоит в том, что движение подземных вод упрощают до одномерного. Похожий принцип применяют в гидравлике трубопроводов. Но в теории фильтрации не всё так просто. Прежде всего необходимо отметить существование двух подходов: детерминированного и стохастического. Практика защиты от подтопления показывает, что первый подход (детерминированный) доминирует среди инженеров и гидрогеологов. В свою очередь, сама теория фильтрации подразделяется на гидравлическую и гидродинамическую.

Дифференциальные уравнения гидравлической теории фильтрации также подразделяются на линеаризованные и нелинейные. В первом случае, когда дифференциальные уравнения фильтрации сводят к линейным, получаемые аналитические решения обладают свойством суперпозиции. Это означает, что если реальный процесс фильтрации воды действительно близок к идеализированной схеме в виде линейного дифференциального уравнения, то рассчитав воздействие от одного источника возмущения водоносного пласта, а затем от другого, далее результаты расчёта можно сложить алгебраически. Однако при такой идеализации исследователь (инженер, проектировщик и т.д.) может совершить грубейшую ошибку методологии, когда в действительности процесс фильтрации воды не может быть описан линейными дифференциальными уравнениями. Выходом из такого, более сложного, случая является отказ от использования аналитических формул гидравлической линеаризованной теории фильтрации и переход на нелинейное численное моделирование. Попутно отметим, что связь гидродинамической и гидравлической теорий фильтрации и способы их линеаризации при исследовании вопросов подтопления территорий грунтовыми водами аналитическими методами исследовал Н.П. Куранов [14].

Применение численного моделирования также требует аккуратности, так как исследователь может впасть в ту же ошибку, что и при использовании гидравлической линеаризованной теории фильтрации. Например, типичной ошибкой является введение средней мощности (толщины) водоносного пласта, хотя это является заманчивым, так как сильно упрощает формулы моделирования. Для подземных вод значительной мощности в сфере водоснабжения и гидрогеологии это не является ошибкой там, где водонасыщенные слои простираются до значительных глубин. Однако в условиях дорожного строительства конструктивные

дренажные слои достаточно тонкие, чаще всего меньше одного метра. Поэтому введение средней мощности водоносного пласта существенно огрубляет расчёт при переходе течения воды из напорного в безнапорный с появлением свободных поверхностей воды, так как разности напоров (уровней подземных вод) могут превышать их мощности.

Чтобы избежать ошибок линеаризации, иногда надо вообще от неё отказываться, переходя к моделированию без введения средней мощности водоносного пласта. Рассмотрим это на примере метода конечных разностей (МКР). Данный метод широко использован в нашей монографии 2002 года издания «Фильтрационные расчёты и компьютерное моделирование при защите от подтопления в городском строительстве», за подробностями туда и отсылаем читателя. Эту монографию с нашими исключительными авторскими правами можно свободно скачать в электронном виде по следующим адресам:

<http://sologaev.ucoz.ru>

<http://sologaev.umi.ru>

Представляя фильтрационный поток в виде сетки, разбитой на пространственные шаги, в каждом узле сетки имеем определённый напор воды. Связывая по закону Дарси соседние узлы сетки, получаем элементарный фильтрационный расход. Вместо введения средней мощности пласта во всех узлах сетки, принимаем мощность (толщину) водонасыщенного слоя как среднее арифметическое между соседними узлами.

Постепенное уменьшение пространственного шага узлов сетки позволяет гарантированно избавиться от погрешностей осреднения. При этом при увеличении количества узлов сетки больше миллиона может возникнуть проблема замедления времени расчёта компьютерной модели. Особенно этот нежелательный эффект проявляется в случае применения языков программирования интерпретирующего типа или при использовании для моделирования методом конечных разностей электронных таблиц типа Excel или подобных. Реальный расчёт больших моделей в таких случаях может достигать нескольких часов или даже суток даже на самых быстрых современных компьютерах. Такие численные модели не удобны для практического использования.

Выходом из положения является переход на построение компьютерной модели с помощью языка программирования, использующего компилятор с созданием исполняемого файла. Операционная система (ОС) может

быть не обязательно Windows. Неплохие результаты показывают Unix-подобные системы типа Linux, дополнительной особенностью которых является их свободное использование. В любом случае (проприетарной или свободной ОС) надо будет выбрать компилирующий язык программирования. По нашим исследованиям, проведённым в последние годы на реальных объектах защиты от подтопления, наилучшим языком программирования является Fortran стандарта 1995 года или более позднего. Причём как в коммерческом варианте, например, Intel Fortran, так и в свободном типа GFortran. Попутно следует отметить, что для целей нашего моделирования вовсе не обязательно использования каких-либо визуальных оболочек программирования. Достаточно скомпилировать консольную исполняемую программу, которая считывает исходные данные модели из текстового файла и после окончания расчёта модели записывает выходные данные в другой текстовый файл. Из последнего, например, данные по распределению полей напоров фильтрующейся воды могут быть обработаны для визуализации особыми программами типа Surfer.

Попутно следует отметить, что известная компьютерная программа геологической службы США ModFlow PMwin [15, 16], версия 5.3 которой официально сертифицирована для применения в России, способна применять МКР-модели с максимальным количеством узлов не более 250 тысяч. Что для целей нашего моделирования фильтрационных задач с количеством узлов более 1 миллиона не пригодно.

Поэтому в плане инновации решено построить МКР-модель фильтрационного потока с оригинальной разработкой на языке программирования Fortran. При этом с целью независимости от иностранных технологий (импортозамещение) использовано свободное программное обеспечение с 64-битной операционной системой Linux. Компилятор Фортрана gfortran. Исходный код программы записан в файле geo.f95 и скомпилирован в исполняемый файл geo_exe такой командой:

```
gfortran -std=f95 geo.f95 geo_exe
```

В самом начале кода программы было применено новое ключевое слово Фортрана allocatable, для объявления массива напоров, а именно так:

```
real, allocatable :: H0(:, :)
real, allocatable :: H(:, :)
```

где H0 – начальные напоры непониженного УПВ; H – напоры УПВ при дренировании.

Это позволило записывать программный код компактно, без применения громоздких ци-

клов, как, например, обычно принято в ФОРТРАН 77.

МКР-схема была принята явная, для нестационарной фильтрации подземных вод. Строго говоря, в терминах вычислительной математики, мы применили явную разностную схему для решения дифференциальных уравнений фильтрации параболического типа, то есть для нестационарного движения подземных вод в плане в рамках гипотезы Буссинеска.

В отличие от традиционного алгоритма вычислительной математики с циклом for-end [17, с. 185] для решения упомянутой разностной схемы был применён вложенный цикл Фортрана do-end. Суть данного приёма в том, что параметр времени моделирования вынесен из тела массива. Этот особый алгоритмический приём позволил избавиться от ограничения памяти персонального компьютера (ПК). То есть, фактически, предохраниться от overflow-переполнения оперативной памяти ПК. В результате алгоритм стал быстрым. Тесты показали увеличение скорости расчёта модели на три порядка, то есть примерно в тысячу раз.

Возвращаясь к обсуждению гидравлической теории фильтрации применительно к тонким слоям дорожных конструкций, можно отметить, что чистое моделирование нелинейных задач фильтрации не является универсальным инструментом исследования. Дело в том, что компьютерная модель всегда отражает какой-то конкретный частный случай фильтрации. В отличие от этого, если удаётся получить аналитическое решение нелинейной задачи фильтрации, то оно из-за своей универсальности охватывает уже целый класс подобных задач. Мы рекомендуем для целей защиты от подтопления в дорожном строительстве использовать наш метод автомодельных движений с численным моделированием (АДЧМ). Он впервые описан с примерами в нашей монографии 2002 года. Необходимо дальнейшее его развитие с целью получения аналитических формул, позволяющих более точно рассчитать фильтрационные напоры и расходы воды при движении по дренирующим слоям дорожных конструкций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предпринято исследование по совершенствованию методологии расчёта и моделирования движения фильтрационных потоков воды применительно к тонким слоям дорожных конструкций. Работа носит постановочный характер и предназначена для акцентирования внимания исследователей на

возможные перспективные технологии, связанные с проектированием защиты от подтопления в сфере дорожного строительства. При этом обращено внимание на возможные ошибки, которые могут возникать в ходе обоснования применения аналитического расчёта и компьютерного моделирования по рассматриваемой теме дренирования дорог.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аверьянов, С.Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод / С.Ф. Аверьянов. – М. : Изд-во АН СССР, 1956. – С. 85-447.
2. Аравин, В.И. Теория движения жидкостей и газов в недеформируемой пористой среде / В.И. Аравин, В.И., С.Н. Нумеров. – М. : Гостехтеориздат, 1953. – 616 с.
3. Павловский, Н.Н. Теория движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями и ее основные приложения / Н.Н. Павловский. – Петроград : Изд-во Научно-мелиорационного института, 1922. – 752 с.
4. Полубаринова-Кочина, П.Я. Теория движения грунтовых вод / П.Я. Полубаринова-Кочина. – М. : Наука, 1977. – 664 с.
5. Прогнозы подтопления и расчёт дренажных систем на застраиваемых и застроенных территориях: Справочное пособие к СНиП / А.Ж. Муфтахов, И.В. Коринченко, Н.М. Григорьева, А.П. Шевчик и др.; ВНИИ ВОДГЕО. – М.: Стройиздат, 1991. – 272 с.
6. Развитие исследований по теории фильтрации в СССР (1917-1967) / под ред. П.Я. Полубариновой-Кочиной. – М.: Наука, 1969. – 546 с.
7. Darcy H. Les Fontaines publiques de la ville de Dijon. Paris: Victor Dalmont, 1856. 647 p.
8. Dupuit J. Etudes theoriques et pratiques

sur le mouvement des eaux dans les canaux decouverts et a travers les terrains permeables. Paris: Dunod editeur, 1863. 304 p.

9. Forchheimer Ph. Hydraulik. Leipzig, Berlin: Teubner, 1924. 556 s.

10. Павилонский, В.М. Метод определения коэффициента фильтрации глинистых грунтов / В.М. Павилонский // Труды ин-та «ВОДГЕО», вып. 7. – М.: ВНИИ ВОДГЕО, 1964. – С. 59-79.

11. Pavilonsky V. M. The absence of threshold gradient in clayey soils //Groundwater Eff. Geotechn. Eng: Proc. 9th Eur. Conf. Soil Mech. and Found. Eng., Dublin, 31 Aug. 3 Sept., 1987. Vol. 2. Rotterdam; Boston, 1987. P. 917- 921.

12. Olsen H.W. Darcy's law in saturated kaolinite // Water Resources Res. 1966. 2. P. 287-296

13. Olsen H.W. Deviations from Darcy's law in saturated clays // Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 1965. 29. P. 135-140.

14. Куранов, Н.П. О связи гидродинамической и гидравлической теорий фильтрации и способах их линеаризации при исследовании вопросов подтопления территорий грунтовыми водами / Н.П. Куранов // Инженерная защита территорий. – М. : ВНИИ ВОДГЕО, 1982. – С. 5-20.

15. Chiang W.-H., Kinzelbach W. Processing Modflow: a simulation system for modeling groundwater flow and pollution. -Hamburg-Zürich, 1998. 225 p.

16. Куранов, П.Н. Использование концепции наилучших доступных технологий при обосновании системы инженерной защиты природных вод от загрязнения / П.Н. Куранов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2015. – № 9. – С. 22-29.

17. Поршнева, С.В. Вычислительная математика / С.В. Поршнева. - СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 320 с.

Application of the theory of filtration in thin layers of road constructions

Annotation. *In this study, the problem of the application of the theory of filtration of water in thin layers of road constructions from the point of view of protection against underflooding. Classical theory of filtration using Darcy's law, the corresponding laminar regime movement. The vast majority of known analytical solutions of differential equations of filtration refers to the so-called hydraulic filtration theory. These solutions are obtained mainly in the field of water supply, protection against underflooding in urban construction and agricultural reclamation, as well as in the mining industry, for the aquifer conditions heavy duty enough (thickness). At the same time, these conditions are not peculiar to the road structure, where there are quite thin layers. At the same time water-saturated layers of roads are interspersed with waterproof layers. For example, asphalt is a waterproofing layer, and a layer of sand or gravel, on the contrary, is draining, that is water-permeable in a predetermined direction. The presence of thin layers of water-bearing structures in the road causes significant nonlinearity in the mathematical description of the initial differential equations of filtration. Therefore, in this paper, the author proposes a new approach for filtering calculations and computer modeling in the protection against underflooding of roads. The essence of this approach is to use the original method of a combination of self-similar motions, and numerical modeling of water filtration in thin layers of road constructions.*

Keywords: *theory of filtration, road construction, underflooding.*

REFERENCES

1. Averyanov S.F. Filtering of the channels and its effect on the groundwater regime. M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1956. P. 85-447.

2. Aravin V.I., Numerov S.N. The theory of the movement of fluids and gases in non-deformable porous medium. M: Gostehteorizdat, 1953. 616 p.

3. Pavlovsky N.N. Theory of movement of groundwater under hydraulic engineering constructions and its main applications. Petrograd: Publishing House of Science and melioration institute, 1922. 752 p.

4. Polubarinova-Cochina P.Y. Motion Theory groundwater. M.: Nauka, 1977. 664 p.

5. The forecasts of flooding and calculation of drainage systems in built-up and built-up areas: A Reference Guide to the SNP / A.Z. Muftakhov, I.V. Korinchenko, N.M. Grigorieva, .AP. Szewczyk et al.; Institute VODGEO. M.: Stroyizdat, 1991. 272 p.

6. Development of filtration theory research in the USSR (1917-1967) / Ed. P.Y. Polubarinova-Cochina. M.: Nauka, 1969. 546 p.

7. Darcy H. Les Fontaines publiques de la ville de Dijon. Paris: Victor Dalmont, 1856. 647 p.

8. Dupuit J. Etudes theoriques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux decouverts et a travers les terrains permeables. Paris: Dunod editeur, 1863. 304 p.

9. Forchheimer Ph. Hydraulik. Leipzig, Berlin: Teubner, 1924. 556 s.

10. Pavilonsky V.M. Method for determination of the hydraulic conductivity of clay soils. Proceedings of Inst "VODGEO", vol. 7. M.: Institute VODGEO, 1964. - P. 59-79.

11. Pavilonsky V. M. The absence of threshold gradient in clayey soils //Groundwater Eff.

Geotechn. Eng: Proc. 9th Eur. Conf. Soil Mech. and Found. Eng., Dublin, 31 Aug. 3 Sept., 1987. Vol. 2. Rotterdam; Boston, 1987. P. 917- 921.

12. Olsen H.W. Darcy's law in saturated kaolinite // Water Resources Res. 1966. 2. P. 287-296

13. Olsen H.W. Deviations from Darcy's law in saturated clays // Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 1965. 29. P. 135-140.

14. Kuranov N.P. About the relationship between hydrodynamic and hydraulic filtration theories and methods of linearization in the study of the issues of flooding areas groundwater. Engineering protection of territories. M.: Institute VODGEO, 1982. P. 5-20.

15. Chiang W.-H., Kinzelbach W. Processing Modflow: a simulation system for modeling groundwater flow and pollution. -Hamburg-Zürich, 1998. 225 p.

16. Kuranov P.N. Using the concept of best available techniques in the justification of engineering protection of natural waters from pollution. Water supply and sanitary engineering. M., 2015. N 9. P. 22-29.

17. Porshnev S.V. Computational Mathematics. SPb.: BHV-Petersburg, 2004. 320 p.

Сологаев Валерий Иванович (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры городское строительство и хозяйство Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ), (644080, Россия, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sologaev2010@yandex.ru).

Sologaev Valery Ivanovich (Russia, Omsk) - Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department urban development of The Siberian Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Russia, Omsk, Mira, 5, e-mail: sologaev2010@yandex.ru).

УДК 624.21.011.1:691.1

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДОЩАТО-ГВОЗДЕВЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ

*В.А. Уткин, П.Н. Кобзев
ФГБОУ ВО«СибАДИ», Россия, г. Омск*

Аннотация. *Статья посвящена внедрению в практику строительства мостов новых дощато-гвоздевых пролетных строений, отвечающих современным требованиям по грузоподъемности, надежности и долговечности. Авторами предложена и описывается новая конструкция пролетного строения из дощато-брусчато-нагельно-гвоздевых блоков с продольно-попереч-*

ной ориентацией поясных досок и несущей поперечной железобетонной плитой проезжей части. Представленные материалы свидетельствуют об эффективности предлагаемых решений.

Ключевые слова: *дощато-гвоздевой блок, дощато-клееное пролетное строение, перекрестная деревоплита, брусчатая деревоплита.*

ВВЕДЕНИЕ

В Сибирском государственном автомобильно-дорожном университете на кафедре «Мосты и тоннели» ведутся научно-исследовательские работы по теме «Совершенствование конструктивно-технологических форм балочных пролетных строений с комбинированными пролетными строениями из древесины.

В [1] рассмотрен комплекс вопросов, связанных с расчетами и конструированием пролетных строений с дощато-гвоздевыми фермами. Наряду с этим в работе описана конструкция и по патенту [2] авторов приведен расчет пролетного строения, содержащего в качестве несущих элементов дощато-гвоздевые коробчатые блоки.

Впервые конструкция пролетного строения [2] с коробчатыми дощато-брусчато-нагельно-гвоздевыми блоками (ДГБ) была применена в 2005 г. на мосту через р. Ушайра в Омской области [3]. В качестве главных несущих элементов конструкции были приняты 4 блока ДГБ и проезжая часть из поперечной брусчатой деревоплиты и ездового полотна из железобетонных плит ПДН.

В настоящее время конструкция пролетного строения с ДГБ применена на ряде мостов [4], освоены технология изготовления, транспортировка и монтаж, подготовлены специалисты, способные выполнять необходимый комплекс работ. Рассматриваются перспективы более широкого использования этой конструкции в дорожном хозяйстве. Полученный опыт позволил сделать следующее заключение:

Разработана и внедрена эффективная конструкция дощато-гвоздевых пролетных строений для дорог IV и V технических категорий и дорог муниципальных образований с обеспечением расчетной грузоподъемности деревянных мостов под нагрузку А11 и НК-80.

Изготовление конструкций не требует сложного вспомогательного оборудования, отличается простотой строительных процессов и возможностью использования местных рабочих кадров.

Стоимость мостов с пролетными строениями из ДГБ на 40-50 % дешевле стоимости

мостов с равными пролетными строениями из железобетонных балок.

Срок службы мостов с пролетными строениями из ДГБ при соблюдении нормативов эксплуатации и обслуживания может быть обеспечен не менее 50 лет.

Но самое главное качество этой конструкции заключено в материале и доступности его для строительства. Древесина, как строительный материал, на протяжении многих сотен лет массово применялась в строительстве мостовых сооружений, была почти единственно доступным материалом. Возможности ее использования еще не до конца изучены. Так, например, традиционные конструкции дощатых ферм отличались большой высотой, громоздкостью, нерациональным размещением досок в поясах, неполноценным включением в работу различных слоев досок, низкой долговечностью, подверженностью грибковым заболеваниям. Новая конструкция позволила уменьшить строительную высоту, увеличить грузоподъемность, повысить долговечность, снизить материалоемкость и трудоемкость изготовления.

С целью обоснования теоретических предпосылок, связанных с несущей способностью коробчатой конструкции, было проведено экспериментальное исследование модели ДГБ в масштабе 1:10 [5]. В результате исследований установлено, что перекрестные доски поясов, закрепленные к поясным брускам под углом 45°, недостаточно включаются в совместную работу с ними. При этом оказалось, что при угле наклона досок к брускам 30° усилие в поясных досках возрастает до 32 % от полного продольного усилия в поясах. В конструкцию блока были внесены необходимые дополнения.

Натурные испытания дощато-гвоздевого блока и пролетного строения моста через р. Ушайра статической нагрузкой [3,6] показали, что новая конструкция пролетного строения обладает грузоподъемностью, удовлетворяющей требованиям современных нормативных документов и способна перекрывать равные с железобетонными балочными строениями пролеты.

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ДОЩАТО-ГВОЗДЕВОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ

Идея применения перекрестных досок в несущих элементах поясов дощато-гвоздевых конструкций указала на возможность использования многослойных плит из перекрестных досок в качестве проезжей части в дощато-клееных пролетных строениях [7]. Исследования конструкции многоребристого пролетного строения моста из клееной древесины с учетом совместной работы многослойной перекрестной деревоплиты и балок [8] выявили высокую эффективность перекрестной деревоплиты, которая одновременно работает в поперечном и продольном направлении совместно с главными балками. Еще больший эффект был установлен при исследовании дощато-клееных пролетных строений с перекрестной плитой, поперечные слои досок которой расположены под углом 90° к балкам, а продольные совпадают с направления балок [9, 10]. Исследования показали, что клееное пролетное строение с деревоплитой, ориентированной досками по главному направлению, обладает по сравнению с предыдущим аналогом [7, 8] определенным (около 20 %) резервом грузоподъемности. В результате была предложена новая конструкция дощато-гвоздевого пролетного строения из коробчатых блоков, в которых два слоя поясных досок имеют поперечно-продольную ориентацию [11].

На рис. 1 изображено поперечное сечение пролетного строения из коробчатых блоков, на рис.2 – фасад дощато-брусчато-нагельно-гвоздевого блока, вид по А-А, на рис.3 - план блока, вид по Б-Б на рис. 2. Пролетное строение составлено из нескольких коробчатых дощато-брусчато-нагельно-гвоздевых блоков 1, верхние и нижние пояса которых содержат состыкованные посредством стальных накладок 11 парные поясные брусья 5, скрепленные со стенками 12 нагельно-болтовыми соединениями 13, и два слоя 14 и 15 перекрестных досок, закрепленных к поясным брусьям 5 гвоздевым забоем. Доски первого слоя 14 уложены перпендикулярно оси блока 1, доски второго слоя 15 – вдоль оси блока 1, а поперечная брусчатая деревоплита 2 уложена непосредственно на изолированную поверхность 3 блоков 1 и закреплена болтами 4 к поясным брусьям 5. При этом брусчатая деревоплита 2 покрыта оклеечной гидроизоляцией 6, на которую уложена подуклонка 7 из пескобетона и ездовое полотно из железобетонных плит 8, отвод сточных вод с проезжей части обеспечен поперечным уклоном 9 и продольными лотками 10.

В составе пролетного строения каждый из коробчатых блоков работает на изгиб от части временной нагрузки в соответствии с законами упругого распределения. Брусчатые пояса 5 блоков 1 через посредство поперечного слоя досок 14 усилены слоем продольных досок 15, распределенных на всю ширину блока 1 на максимальном удалении от центра тяжести. При этом продольный слой досок 15 воспринимает усилия сжатия (растяжения) с максимальным для древесины расчетным сопротивлением, позволяя существенно увеличить несущую способность блоков.

Результаты расчетов стоимости изготовления и монтажа пролетных строений из ДГБ с досками поясов, ориентированными под углом 30° к продольной оси блоков, в сравнении с вариантом из железобетонных балок такой же длины были приведены ранее [4]. Результаты сравнения конструкции пролетного строения из коробчатых блоков с продольными поясными досками [11] с уже примененной на целом ряде построенных мостов [3] конструкцией [1], указывают на эффективность этой новой конструкции.

Предварительные расчеты и конструкторские проработки пролетного строения длиной 15 м при габарите Г 8,0+2×0,75 м и нагрузке А11 и НК-80 из коробчатых блоков с поперечно-продольной ориентацией поясных досок указали на возможность сокращения количества блоков в поперечном сечении с четырех до трех. При этом существенно изменились показатели материалоемкости рассматриваемых пролетных строений. Например, для пролетного строения из 4-х ДГБ длиной 15 м при габарите Г 8,0+2×0,75 м потребность в пиломатериалах составила 81 м^3 , металла 10,45 т, а для пролетного строения из 3-х блоков – 65 м^3 пиломатериалов и 6.5 т металла соответственно. Отметим, что в обоих случаях в качестве основания под покрытие из дорожных плит в указанный объем пиломатериалов входил объем (около 25 м^3) брусчатой деревоплиты.

Таким образом, внедрение новой конструкции дощато-брусчато-нагельно-гвоздевого блока [11] с продольно-поперечной ориентацией поясных досок является несомненно примером инновационных конструктивных решений и технологий, основанных на исследовании свойств таких композитных материалов, какими является перекрестная деревоплита [12-18].

Следует отметить, что пролетное строение [11], составленное из коробчатых до-

щато-брусчато-нагельно-гвоздевых блоков с продольно-поперечной ориентацией поясных досок, может быть тоже заменено более совершенной конструкцией. Недостаток конструкции [11] заключается в нерациональном использовании поперечной брусчатой древесины и железобетонных плит ездового полотна на поперечный изгиб от временной нагрузки, в излишней материалоемкости и трудоемкости, связанных с обеспечением поперечного уклона за счет устройства подуклонки из пескобетона.

Взамен предлагается пролетное строение (рис.4), составленное из установленных на опоры по эпюре поперечного уклона коробчатых дощато-брусчато-нагельно-гвоздевых блоков 1, объединенных поперечной железобетонной плитой 2, уложенной непосредственно на изолированную поверхность 3 блоков 1 и закрепленной болтами 4 к поясным брускам 5. Железобетонная плита 2 составлена из двух зеркально симметричных сборных блоков 2а и 2б, объединенных между собой по оси моста продольным швом 6 из монолитного железобетона. В поперечном направлении блоки 2а и 2б имеют скошенные кромки, формирующие деформационный шов 7 посредством пенькового каната и битумно-полимерной мастики. Железобетонная плита покрыта гидроизоляционным слоем 3 типа «мостопласт», сверху которого уложено асфальтобетонное покрытие 10. Применяемая в качестве поперечной конструкции железобетонная плита, имея более высокую поперечную жесткость в сравнении с древесиной, позволяет снизить временную нагрузку на блок и увеличить грузоподъемность как отдельного блока, так и всего пролетного строения в целом. Исключение из поперечной конструкции пролетного строения брусчатой древесины приводит к существенному снижению материалоемкости конструкции, уменьшению трудозатрат и стоимости строительства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В Омской области успешно внедрена в практику строительства эффективная конструкция дощато-гвоздевых пролетных строений для дорог IV и V технических категорий и дорог муниципальных образований с обеспечением расчетной грузоподъемности под нагрузку А11 и НК-80.

2. Стоимость мостов с дощато-гвоздевыми пролетными строениями на 40-50% дешевле

стоимости мостов с равными пролетными строениями из железобетонных балок.

3. В отличие от внедренных конструкций-аналогов предлагаемые усовершенствованные пролетные строения из коробчатых дощато-гвоздевых блоков с продольно-поперечной ориентацией поясных досок, имеют резерв грузоподъемности, позволяющий сократить число блоков в поперечном сечении на один из четырех при сохранении основных размеров и габаритов конструкции. Это стало возможным, благодаря результатам исследований авторов и изучению ими свойств нового композитного материала-многослойной перекрестной древесины.

4. Замена брусчатой древесины проежей части рассматриваемых пролетных строений на несущую поперечную сборную железобетонную плиту проезжей части позволяет дополнительно снизить общие затраты пиломатериала до 50% от ныне внедряемой конструкции. Естественно сократится расход металлических крепежных изделий.

5. Предварительные исследования возможностей использования в практике проектирования и строительства предлагаемых пролетных строений и мостов указывают на необходимость создания типовых решений для типовых пролетов длиной 15, 18, 21, 24 метров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Уткин, В.А. Дощато-гвоздевые пролетные строения мостов : учебное пособие / В.А. Уткин, В.И. Пузиков. – 2-е изд., испр. и доп. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2005. – 190 с.

Дощато-гвоздевое пролетное строение: патент RU 2169812 С1 РФ: МНПК Е01D2/04 / В.А. Уткин, В.И. Пузиков; заявитель и патентообладатель СибАДИ. – заявка № 99121132 от 08.10.1999; опубл. 27.06.2001. – Бюл. № 24.-1с.

Уткин, В.А. Опыт внедрения новой конструкции дощато-гвоздевого пролетного строения в дорожном строительстве Омской области / В.А. Уткин, В.И. Пузиков, П.Н. Кобзев // Дороги и мосты. – 2008. – Вып. 19/1. – С. 162-171.

Уткин, В.А. О применении древесины для строительства мостов / В. А. Уткин, В.И. Пузиков, Б. В. Казанцев, М.Ю. Каретников // Дороги и мосты. – М. : Росдорнии. – 2014. – Вып.32/2. – С. 127-142.

Уткин, В.А. Экспериментальное исследование модели дощато-гвоздевого коробчатого блока / В.А. Уткин, П.Н. Кобзев, В.И. Пузиков, Е.Л. Тараданов // Строительные материалы. – 2005. – №10. – С. 36-37.

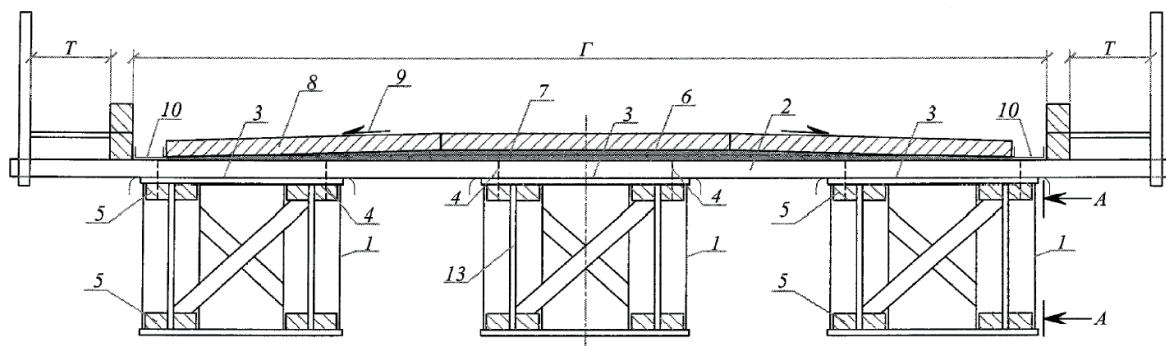


Рис.1. Поперечное сечение пролетного строения из коробчатых блоков

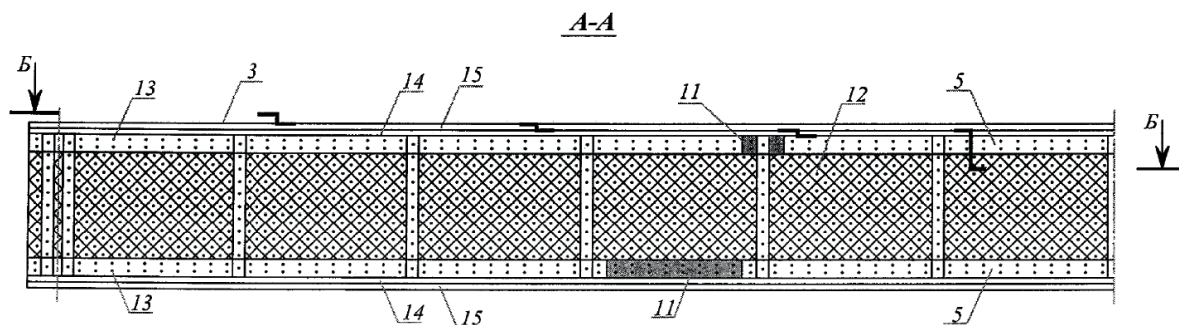


Рис. 2. Фасад дощато-брусчато-нагельно-гвоздевого блока, вид по А-А на рис. 1

Уткин, В.А. Испытание дощато-гвоздевой конструкции моста / В.А. Уткин, В.И. Пузиков, Б.В.Казанцев, П.Н. Кобзев // Автомобильные дороги и мосты. – Изд-во СибАДИ. – 2002. – № 3. – С. 26-28.

Дощато-клееное пролётное строение: патент RU 2204644 С2 РФ: МНПК E01D2/00 / В.А. Уткин, В.И. Пузиков, П.Н. Кобзев; заявитель и патентообладатель СибАДИ; заявка № 2001113605 от 23.05.2001; опубл. 20.05.2003.- Бюл. №21. – 1с.

Кобзев, П.Н. Совершенствование конструкции и методики расчета многоребристого пролетного строения моста из клееной древесины с учетом совместной работы перекрестной деревоплиты и балок: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.11 / Кобзев Павел Николаевич ; СибАДИ. – Омск, 2006. – 22 с.

Дощато-клееное пролетное строение: патент RU 2258110 РФ: МНПК E 01 D 2/04 / - В.А.Уткин, Г.М. Кадисов; заявитель и патентообладатель СибАДИ; заявка № 2003134339 от 26.11.2003; опубл. 10.08.2005. – Бюл. №22. – 7с.

Уткин, В.А. Совершенствование конструкций пролетных строений автодорожных мостов из клееной древесины : автореф. дис. ... д-ра. техн. наук: 05.23.11 / Уткин Владимир Александрович ; СибАДИ. – Омск, 2009. – 40 с.

Пролетное строение из коробчатых доща-

то-брусчато-нагельно-гвоздевых блоков: патент на изобретение № 2436889 РФ: МНПК E01D2/04 / В.А.Уткин, В.И. Пузиков; заявитель и патентообладатель СибАДИ; заявка № 2010114485 от 12.04.10; опубл. 20.12.2011. - Бюл.№ 35. – 5 с.

Уткин, В.А. К вопросу об исследовании перекрестной деревоплиты пролетного строения из клееной древесины / В.А. Уткин, П.Н. Кобзев //Вестник СибАДИ. – Омск : Изд. Дом «ЛЕО», 2004. – Вып. 1. – С. 36-41.

Уткин, В.А. Исследование совместной работы перекрестной клееной деревоплиты и клееных балок пролетного строения / В.А. Уткин, П.Н. Кобзев // Современные проблемы совершенствования и развития металлических, деревянных, пластмассовых конструкций в строительстве и на транспорте: материалы III Международной научно-технической конференции. – Самара : СГАСУ, 2005. – С. 311-317.

Уткин, В.А. Пролетные строения из клееной древесины. Теоретические исследования свойств многослойной деревоплиты из перекрестных досок / В.А. Уткин // Проблемы оптимального проектирования сооружений: доклады I Всероссийской конференции. – Новосибирск; НГАСУ (Сибстрин), 2008. – С. 404-412.

Уткин В.А. Результаты экспериментального исследования многослойной перекрестной де-

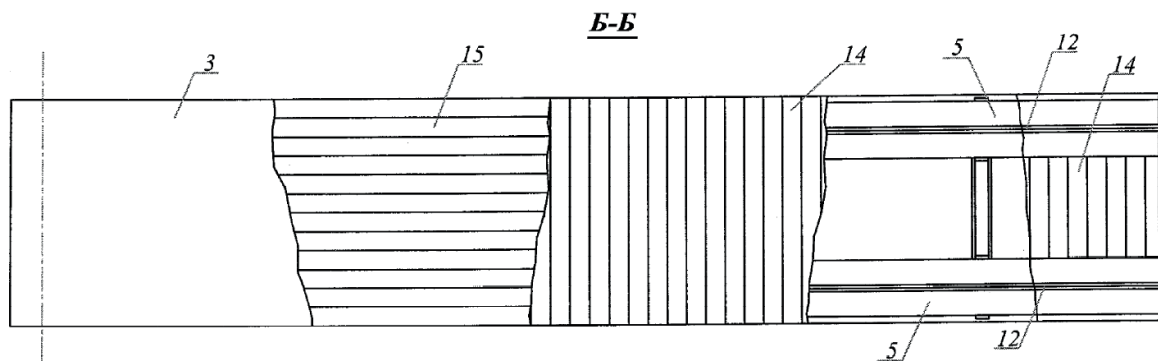


Рис. 3. План блока, вид по Б-Б на рис. 2

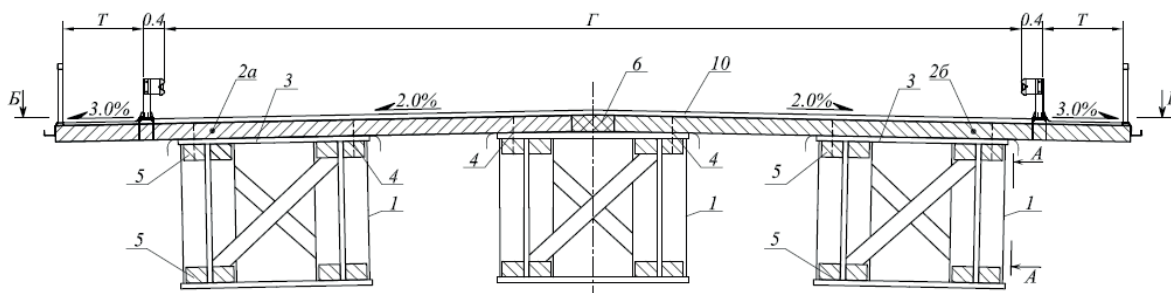


Рис. 4. Пролетное строение с железобетонной плитой проезжей части

ревоплиты на изгиб / В.А. Уткин // Проблемы оптимального проектирования сооружений : доклады I Всероссийской конференции. – Новосибирск :НГАСУ (Сибстрин), 2008. – С.413-420.

Уткин, В.А. Обеспечение совместной работы перекрестной древоплиты с ребрами в пролетных строениях из клееной древесины В.А. Уткин // Промышленное и гражданское строительство. – 2008. – №3. – С.40-41.

Уткин В.А. К вопросу об исследовании многослойной клееной древоплиты из перекрестных досок на изгиб / В.А. Уткин, П.Н. Кобзев // Промышленное и гражданское строительство. – 2009. - №7. – С.51-53.

Уткин, В.А. Совершенствование конструкций пролетных строений автодорожных мостов из клееной древесины: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.11 / Уткин Владимир Александрович ; СибАДИ – Омск, 2009. – 40 с.

IMPROVEMENT OF BOARDWALK NAILED – SPAN BRIDGE STRUCTURES

Abstract. The article is devoted to the implementation in practice of the construction of the new bridge boardwalk timber - nail span structures that meet the modern requirements of load capacity, reliability and durability. The authors propose and describe a new design of the span timber-beam-peg-nailed blocks with longitudinal-transverse orientation of the belt boards and carrying transverse reinforced concrete slab of the carriageway. The represented materials show the effectiveness of the proposed solutions.

Keywords: timber-nailed block, timber - glued span structure, cross wood - based slab, wood – based squared beam slab.

REFERENCES

1. Utkin V.A., Puzikov V.I. Doschato-gvozdevye proletnye stroeniya mostov: uchebnoe posobie. Izdanie 2-e, ispravlennoe i dopolnennoe.-Omsk: Izd-vo SibADI, 2005. - 190 s.

2. Doschato-gvozdevoe prolyotnoe stroenie:

patent RU 2169812 C1 RF: MNPK E01D2/04 / V.A. Utkin, V.I. Puzikov; заявитель i patentoobladatel' SibADI. - заявка № 99121132 от 08.10.1999; opubl. 27.06.2001. - Byul. № 24.-1s.

3. Utkin V.A. Opyt vnedreniya novoi konstrukcii doschato-gvozdevogo proletnogo stroeniya v dorozhnom stroitel'stve Omskoi oblasti / V.A. Ut-

kin, V.I. Puzikov, P.N. Kobzev //Dorogi i mosty. - M.: Rosdornii. - 2008. - Vyp. 19/1. - S. 162-171.

4. Utkin V.A. O primeneniі drevesiny dlya stroitel'stva mostov /V. A. Utkin, V.I. Puzikov, B. V. Kazancev, M.YU. Karetnikov //Dorogi i mosty. - M.: Rosdornii. - 2014. - Vyp.32/2. - S. 127-142.

5. Utkin V.A. Eksperimental'noe issledovanie modeli doschato-gvozdevogo korobchatogo bloka / V.A. Utkin, P.N. Kobzev, V.I. Puzikov, E.L. Taradanov //Stroitel'nye materialy. - 2005. - №10. - S.36-37.

6. Utkin V.A. Ispytanie doschato-gvozdevoi konstrukcii mosta / V.A. Utkin, V.I. Puzikov, B.V.Kazancev, P.N. Kobzev //Avtomobil'nye dorogi i mosty. -Izd-vo SibADI. - 2002. - №3. - S.26-28.

7. Doschato-kleenoe prolyotnoe stroenie: patent RU 2204644 C2 RF: MNPK E01D2/00 / V.A. Utkin, V.I. Puzikov, P.N. Kobzev; zayavitel' i patentoobladatel' SibADI; zayavka № 2001113605 ot 23.05.2001; opubl. 20.05.2003.- Byul. №21. - 1s.

8. Kobzev P.N. Sovershenstvovanie konstrukcii i metodiki rascheta mnogorebristogo proletnogo stroeniya mosta iz kleenoi drevesiny s uchetom sovmestnoi raboty perekrestnoi derevoplity i balok: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.23.11 / Kobzev Pavel Nikolaevich; SibADI. - Omsk, 2006. - 22 s.

9. Doschato-kleenoe proletnoe stroenie: patent RU 2258110 RF: MNPK E 01 D 2/04 / - V.A.Utkin, G.M. Kadisov; zayavitel' i patentoobladatel' SibADI; zayavka № 2003134339 ot 26.11.2003; opubl. 10.08.2005. - Byul. №22. - 7s.

10. Utkin V.A. Sovershenstvovanie konstrukcii proletnyh stroenii avtodorozhnyh mostov iz kleenoi drevesiny: avtoref. dis. doktora. tehn. nauk: 05.23.11 / Utkin Vladimir Aleksandrovich; SibADI - Omsk, 2009. - 40 s.

11. Proletnoe stroenie iz korobchatyh doschato-bruschato-nagel'no-gvozdevykh blokov: patent na izobretenie № 2436889 RF: MNPK E01D2/04 / V.A.Utkin, V.I. Puzikov; zayavitel' i patentoobladatel' SibADI; zayavka № 2010114485 ot 12.04.10; opubl. 20.12.2011. - Byul.№ 35. - 5 s.

12. Utkin V.A., Kobzev P.N. K voprosu ob issledovanii perekrestnoi derevoplity proletnogo stroeniya iz kleenoi drevesiny //Vestnik SibADI. - Omsk: Izd. Dom "LEO", 2004, - Vyp. 1. - S.36-41.

13. Utkin V.A., Kobzev P.N. Issledovanie sovmestnoi raboty perekrestnoi kleenoi derevoplity i kleenykh balok proletnogo stroeniya //Sovremennyye problemy sovershenstvovaniya i razvitiya metallicheskih, derevyannykh,plastmassovykh

konstrukcii v stroitel'stve i na transporte: materialy III Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferencii. - Samara: SGASU, 2005. - S. 311-317.

14. Utkin V.A. Proletnye stroeniya iz kleenoi drevesiny. Teoreticheskie issledovaniya svoystv mnogoslainoi derevoplity iz perekrestnykh dosok //Problemy optimal'nogo proektirovaniya sooruzhenii: doklady I Vserossiiskoi konferencii. - Novosibirsk; NGASU (Sibstrin), 2008. - S.404-412.

15. Utkin V.A. Rezul'taty eksperimental'nogo issledovaniya mnogoslainoi perekrestnoi derevoplity na izgib //Problemy optimal'nogo proektirovaniya sooruzhenii: doklady I Vserossiiskoi konferencii. - Novosibirsk; NGASU (Sibstrin), 2008. - S.413-420.

16. Utkin V.A. Obespechenie sovmestnoi raboty perekrestnoi derevoplity s rebrami v proletnykh stroeniyah iz kleenoi drevesiny //Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. - 2008. - №3. - S.40-41.

17. Utkin V.A., Kobzev P.N. K voprosu ob issledovanii mnogoslainoi kleenoi derevoplity iz perekrestnykh dosok na izgib // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. - 2009. - №7. - S.51-53.

18. Utkin V.A. Sovershenstvovanie konstrukcii proletnyh stroenii avtodorozhnyh mostov iz kleenoi drevesiny: avtoref. dis. ... doktora tehn. nauk: 05.23.11 / Utkin Vladimir Aleksandrovich; SibADI - Omsk, 2009. - 40 s.

Уткин Владимир Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Мосты и тоннели» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644010, г. Омск, ул. Ленина, д. 33, кв. 22; тел. служ. 7 (3812) 65-23-81, 60-74-72, тел. дом. 7 (3812) 31-02-15, e-mail: prof.utkin@mail.ru)

Кобзев Павел Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Мосты и тоннели», зав. НИЛ «Мосты» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644006, г. Омск, 16-й военный городок, д. 461, кв. 96; тел. служ. 7 (3812) 60-74-72).

Utkin Vladimir Aleksandrovich, doctor of technical sciences, professor of the Department "Bridges and tunnels" VPO "SibADI" (644010, Omsk, ul Lenina 33, flat 22, tel. work: 7 (3812) 65-23-81, 60-74-72, tel. house: 7 (3812) 31 02 15, e-mail: prof.utkin@mail.ru)

Kobzev Pavel, Ph.D, associate professor of the Department "Bridges and tunnels", the head. of the NEIL "Bridges" VPO SibADI (644006, Omsk, 16th military town, house 461, flat 96. tel. work: 7 (3812) 60 74 72.

.....

РАЗДЕЛ IV ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 519.85

ПОИСК ЛОКАЛЬНОГО МИНИМУМА В ЗАДАЧЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНИКОВ НА ЛИНИЯХ

Н.С. Веремчук

Институт математики им. С. Л. Соболева СО РАН, Россия, г. Омск

Аннотация. Рассматривается задача оптимального размещения взаимосвязанных прямоугольных объектов на параллельных линиях с запрещенными зонами. Размещение внутри запрещенных зон не допускается. Объекты связаны между собой и с зонами. Метрика прямоугольная, критерий – минимизация суммарной стоимости связей объектов между собой и с зонами. Такие задачи необходимо решать, например, при проектировании расположения элементов сложных систем. Построена модель частично-целочисленного линейного программирования поиска локального оптимума задачи. Проведен вычислительный эксперимент с использованием предложенной модели и пакета IBM ILOG CPLEX.

Ключевые слова: математическая модель, задача Вебера, запрещенные зоны, параллельные линии, прямоугольная метрика.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ и решение задач оптимального размещения – это интенсивно развивающееся направление исследования операций [1, 2]. Задачи такого класса имеют важное прикладное значение, их необходимо решать при создании генеральных планов предприятий, в частности нефтехимических, размещении технологического оборудования в цехах, например, швейного производства, проектировании электронных устройств. По наличию связей между объектами в задачах оптимального размещения выделяют два класса: размещения-распределения и размещение взаимосвязанных объектов. В задачах первого класса объекты сначала размещаются, а затем устанавливаются связи между ними, а второго – объекты размещаются с заранее заданными связями между ними.

Одним из подклассов задач размещения взаимосвязанных объектов является задача Вебера [3, 4]. Задача заключается в расположении объектов на плоскости среди фиксированных объектов так, чтобы суммарная стоимость связей между всеми объектами была минимальной. Впервые такую задачу сфор-

мулировал Ферма в 17 веке: “Для трех фиксированных точек на плоскости найти такое расположение четвертой точки, чтобы сумма расстояний от нее до фиксированных была минимальной”. В 1909 году Вебер использовал эту модель для определения оптимального расположения фабрики и складов с сырьем.

Многообразие постановок задач Вебера определяется учетом размеров объектов, структурой области размещения и различными ограничениями. Одно из её обобщений связано с учетом запрещенных зон, в которые нельзя размещать объекты. Такими зонами могут быть, например, имеющиеся строения и оборудование, которое остается на месте при модернизации предприятия. При этом, для создания прямых проездов и удобства обслуживания оборудования, часто требуется регулярность размещения вдоль, так называемых, «красных линий» [5].

В данной работе рассматривается задача Вебера для прямоугольных объектов на параллельных линиях с запрещенными зонами. Расположение линий зафиксировано. Размещаемые объекты и зоны – прямоугольники, центры которых связаны между собой.

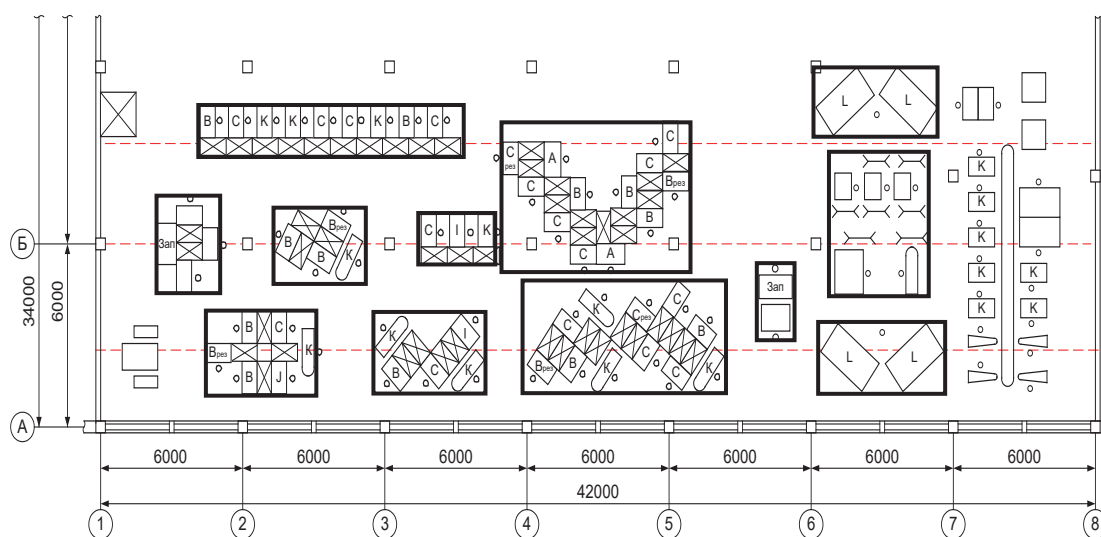


Рис. 1. План участка швейного цеха

В литературе рассматриваются различные подходы для решения задач оптимального размещения прямоугольных объектов. Достаточно исследован с математической точки зрения частный случай рассматриваемой задачи, когда нет связей между объектами – это задачи раскроя и упаковки. Для решения таких задач используются методы линейного программирования, динамического перебора и другие [6, 7]. В [8] рассматривалась задача упаковки несвязанных между собой прямоугольников в полубесконечную полосу минимальной длины с запрещенными зонами. Предложен вероятностный алгоритм поиска с запретами для нахождения приближенного решения. Для построения множества Парето-оптимальных решений в задаче размещения прямоугольников на линиях без запрещенных зон применялся аппарат целочисленной оптимизации и динамического программирования [5]. В работе [4] рассматривалась задача размещения взаимосвязанных прямоугольников на линии с запрещенными зонами. Разработан алгоритм поиска приближенного решения и исходная непрерывная задача сведена к серии дискретных. Алгоритм поиска локального оптимума такой задачи и варианты нижних оценок значений целевой функции описаны в [3].

В данной статье приводится обзор областей практического применения сформулированной выше задачи. Для нахождения локального оптимума построена математическая модель частично-целочисленного линейного программирования (ЧЦЛП) с булевыми переменными и проведен вычислительный эксперимент с использованием предложенной модели и пакета CPLEX.

ОБЛАСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Задачи оптимального размещения прямоугольных объектов имеют достаточно широкий спектр практических применений. При разработке схем генеральных планов нефтехимического предприятия одной из наиболее трудоемких задач проектирования является рациональное размещение технологического оборудования на строительной площадке. Оборудование, аппроксимированное прямоугольниками, связано между собой различными коммуникациями, например, трубопроводами. Для нефтехимических предприятий стоимость трубопроводных связей может составлять до 25 процентов от общих капитальных затрат. Поэтому необходимо располагать технологические установки так, чтобы стоимость трубопроводных связей была минимальной. Это сокращает затраты на коммуникацию. Затраты выражаются как стоимостью трубопроводов, так и энергетическими и тепловыми потерями на транспортировку газов и жидкостей, затратами на теплоизоляцию. Для удобства обслуживания оборудования создаются прямые проезды, и поэтому оборудование размещается вдоль, так называемых, «красных линий» [3, 5].

Рассматриваемая задача может применяться, в частности, и при разработке планов швейных участков и цехов [9]. Проектирование технологических процессов по изготовлению одежды с одной стороны схоже с проектированием различных производственных систем, а с другой стороны имеет свою специфику, определяемую высокой сменяемостью моделей, применением разнообразного оборудования,

большая часть которого не может взаимозаменять друг друга. Швейное оборудование обычно группируется в специализированные модули с учетом самого оборудования, зон обслуживания, рабочих мест. Модули аппроксимируют прямоугольниками и размещают их на плане производственного участка или цеха. Размещение осуществляется вдоль направляющих осей, характеризующих способ размещения потока в цехе. Положение осей определяется с учетом основных проходов между технологическими модулями, зон запуска и сбора готовой продукции, а также нормативами по размещению оборудования внутри швейного цеха. Связями могут быть, например, количество изделий в час, передаваемых от одного модуля к другому. При переналадке производства часть оборудования может оставаться на месте, далее его можно рассматривать в качестве запрещенных зон. Задача размещения формулируется следующим образом: необходимо расположить новое оборудование (модули) среди имеющегося (запрещенные зоны) на направляющих осях так, чтобы суммарные затраты на передачу изделий от одного станка к другому были минимальными. На рисунке 1 изображен план участка швейного цеха, где обозначены единицы технологического оборудования: В – одноигольная машина, С – транспортер, I – вышивальный автомат, К – утюжильный стол, J – пресс, L – автоматический пароманекен, А – ручное рабочее место. Все расстояния указаны в миллиметрах.

Наряду с вышесказанным, одним из приложений указанной задачи можно рассматривать задачу синтеза топологии больших интегральных схем (БИС). Проектировщики чипа определяют, какие единицы будут использоваться, и какие из них должны быть связаны (логическая стадия проектирования). Обычно логические единицы – прямоугольники (клетки). Кроме размеров, каждая клетка характеризуется ее контактными центрами (терминалами). Терминалы должны быть связаны между собой. Таким образом, задача состоит в том, чтобы определить местонахождение клеток в определенной прямоугольной области (чип) и соединить их в сеть. При ее решении стремятся с одной стороны обеспечить трассировку соединений, а с другой – минимизировать искажения сигналов в межэлементных связях [10].

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Имеются параллельные оси Ox отрезки длины LS с фиксированными прямоугольниками (запрещенными зонами) и прямоуголь-

ные объекты, центры которых связаны между собой и с зонами. Необходимо расположить объекты на отрезках вне зон так, чтобы они не пересекались между собой и с зонами, и суммарная стоимость связей объектов между собой и с зонами была минимальной.

Обозначим через X_i – размещаемые объекты с неизвестными координатами центров (x_i, y_i) и длинами l_i , $i \in I = \{1, \dots, n\}$, $x = (x_1, \dots, x_n)$, $y = (y_1, \dots, y_n)$; F_j – зоны с координатами центров (b_{1j}, b_{2j}) и длинами p_j , $j \in J = \{1, \dots, m\}$; $w_{ij} \geq 0, u_{ik} \geq 0$ – удельные стоимости связей между X_i и F_j , X_i и X_k , $i, k \in I, j \in J, i < k$. Пусть левая граница каждого отрезка t – это точка с координатами $(0, Ly_t)$, где $t \in Q = \{1, \dots, q\}$. При фиксированном расположении объектов множество J может быть представлено в виде объединения $J = \bigcup_{t \in Q} JL_t$, где через JL_t обозначено множество номеров объектов, расположенных на линии t , $t \in Q$. Если зона F_j размещена на линии t , то $b_{2j} = Ly_t$. Необходимо разместить объекты X_1, \dots, X_n на отрезках вне зон F_1, \dots, F_m так, чтобы они не пересекались, и суммарная стоимость связей объектов между собой и с зонами, измеряемая с помощью прямоугольной метрики, была минимальной. Допустимая область B несвязная и состоит из набора r непересекающихся отрезков (блоков) B_h с длинами L_h , в которые размещаются объекты

$$X_i, i \in I, B = \bigcup_{h=1, r} B_h.$$

С учетом введенных обозначений целевая функция имеет вид:

$$G(x, y) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij} (|x_i - b_{1j}| + |y_i - b_{2j}|) + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n u_{ik} (|x_i - x_k| + |y_i - y_k|) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Задача для одной линии NP-трудная, поиск её допустимого решения – это построение одномерной упаковки в контейнеры [11]. В данном случае упаковываются объекты с

длинами $l_i, i \in I$, в контейнеры размерами $L_h, h = 1, \dots, r$. Исходная непрерывная задача сводится к дискретной и к серии задач меньшей размерности одинаковой структуры [3, 4].

Пусть (x, y) – некоторое допустимое решение задачи, которое однозначно определяет разбиение X_1, \dots, X_n по блокам. Обозначим через $I_h(x, y)$ – множество номеров объектов в блоке $B_h, h = 1, \dots, r$. Допустимое решение (x, y) сформулированной задачи будем называть локальным минимумом, если $G(x, y) \leq G(x', y')$ для любого (x', y') :

$$I_h(x, y) = I_h(x', y'), \quad h = 1, \dots, r.$$

Расположение линий, на которых происходит размещение объектов, фиксировано, поэтому для каждого разбиения объектов по блокам можно заранее указать значения

$y_i, \forall i \in I$. Они будут совпадать с y -координатой соответствующей линии, на которой объекты будут размещаться, то есть $y_i = Ly_i$. Таким образом, при фиксированном разбиении объектов по блокам, выражения $w_{ij}(|y_i - b_{1j}|), u_{ik}(|y_i - y_k|), \forall j \in J, \forall i, k \in I, i < k$, являются константами, и целевая функция (1) принимает вид

$$G(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij}(|x_i - b_{1j}|) + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n u_{ik}(|x_i - x_k|) + Const \rightarrow \min. \quad (2)$$

С помощью введения дополнительных переменных $s_{ij} \geq 0, i \in I, j \in J, t_{ik} \geq 0, i, k \in I, i < k$, выражение (2) можно преобразовать к следующему виду

$$\begin{cases} x_i - b_{1j} - \left(\frac{l_i + p_j}{2}\right) + C \cdot z_{ij}^1 \geq 0, \\ b_{1j} - x_i - \left(\frac{l_i + p_j}{2}\right) + C \cdot (1 - z_{ij}^1) \geq 0, \quad i \in I_h(x), j \in JN_h, h = 1, \dots, r, \\ z_{ij}^1 \in \{0, 1\}, \end{cases} \quad (6)$$

$$G(x) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m w_{ij} s_{ij} + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n u_{ik} t_{ik} + Const \rightarrow \min, \quad (3)$$

$$\begin{cases} x_i - b_{1j} \leq s_{ij}, \\ x_i - b_{1j} \geq -s_{ij}, \end{cases} \quad i \in I, j \in J, \quad (4)$$

$$\begin{cases} x_i - x_k \leq t_{ik}, \\ x_i - x_k \geq -t_{ik}, \end{cases} \quad i, k \in I, i < k. \quad (5)$$

Так как разбиение объектов по блокам фиксировано, то для учета условий непересечения объектов между собой и с зонами достаточно учесть условия непересечения только объектов внутри одного блока и условия непересечения объектов из блока с соседними с ним зонами. Это можно сделать с помощью введения булевых переменных, определяющих взаимное расположение объектов между собой и с зонами. Обозначим LB_h, RB_h – координаты левой и правой границ блока B_h ; JN_h – номера соседних зон слева и справа от B_h . Для записи условий непересечения объектов из блока B_h с соседними с ним зонами введем булевы переменные $z_{ij}^1 = 1$, если X_i расположен левее $F_j, i \in I_h(x), j \in JN_h$, иначе $z_{ij}^1 = 0$. Аналогично, для записи условий непересечения объектов внутри B_h между собой, введем булевы переменные $z_{ik}^2 = 1$, если X_i расположен левее $X_k, i, k \in I_h(x), i < k$, иначе $z_{ik}^2 = 0$. Тогда условия непересечения объектов в блоке с соседними с блоком зонами и между собой записываются следующим образом

$$\left\{ \begin{array}{l} x_i - x_k - \left(\frac{l_i + l_k}{2} \right) + C \cdot z_{ik}^2 \geq 0, \\ x_k - x_i - \left(\frac{l_i + l_k}{2} \right) + C \cdot (1 - z_{ik}^2) \geq 0, \quad i, k \in I_h(x), i < k, \quad h = 1, \dots, r, \\ LB_h + \frac{l_i}{2} \leq x_i \leq RB_h - \frac{l_i}{2}, \\ z_{ik}^2 \in \{0, 1\}, \end{array} \right. \quad (7)$$

где C – достаточно большая константа, необходимая для выполнения альтернативных условий, в качестве которой можно взять, например, значение $C = 2 \cdot LS$.

Таким образом, получаем математическую модель частично-целочисленного линейного программирования (3)-(7). Заметим, что целевая функция и большинство ограничений в построенной модели линейные. С применением предложенной модели и пакетов прикладных программ, например IBM ILOG CPLEX, можно находить локальный минимум исходной задачи.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

Проведен вычислительный эксперимент по нахождению локальных минимумов с помощью предложенной модели ЧЦЛП и пакета IBM ILOG CPLEX 12.2. Эксперимент проводился на компьютере с техническими характеристиками: Intel Core™ i5-2420 M 2.50 GHz 6,00 ГБ. Построена серия тестовых задач на двух линиях. Количество размещаемых объектов, запрещенных зон, их длины, удельные стоимости связей генерировались случайным образом в диапазоне от 1 до 100. Среднее время работы пакета, полученное по результатам трех запусков одной и той же задачи, представлено в таблице.

Результаты расчёта

№ п/п	Число размещаемых объектов, n	Число запрещенных зон, m	Среднее время работы пакета CPLEX, сек.
1	2	4	0,219
2	3	5	0,192
3	4	6	0,219
4	5	5	0,215
5	6	6	0,250
6	7	5	0,509
7	8	6	0,125
8	9	6	0,219
9	10	4	0,220
10	10	5	0,215

Полученные результаты в дальнейшем могут использоваться для сравнительного анализа работы пакета с приближенными или точными алгоритмами нахождения локального оптимума задачи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено исследование задачи оптимального размещения взаимосвязанных прямоугольных объектов на параллельных линиях с запрещенными зонами. Размещение внутри запрещенных зон не допускается. Критерием является минимизация суммарной стоимости связей объектов между собой и с зонами. Задача имеет много практических приложений, например, в автоматизированном проектировании при реконструкции предприятий.

Для нахождения локального оптимума задачи построена математическая модель частично-целочисленного линейного программирования с булевыми переменными. Проведен вычислительный эксперимент с использованием предложенной модели и пакета IBM ILOG CPLEX. Указанная модель может использоваться в эскизном проектировании при размещении оборудования в цехах предприятий. Целью дальнейших исследований может быть разработка приближенных или точных алгоритмов нахождения глобального оптимума задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Farahani R.Z., Hekmatfar M. Facility location: Concepts, models, algorithms and case studies. Heidelberg: Physica-Verlag, 2009. 549 p.
2. Klamroth K. Single-Facility Location Problems with Barriers. Springer Series in Operations Research, 2002. 216 p.
3. Zabudsky G., Veremchuk N., About Local Optimum of the Weber Problem on Line with Forbidden Gaps. Proc. DOOR 2016, Vladivostok, Russia, September 19-23, 2016. CEUR-WS. 2016, vol. 1623, pp. 115-124. CEUR-WS.org, online: <http://ceur-ws.org/Vol-1623/paperco17.pdf>

4. Забудский, Г. Г. Алгоритм приближенного решения задачи Вебера на линии с запрещёнными зонами / Г. Г. Забудский, Н. С. Веремчук // Дискрет. анализ и исслед. операций. – 2016. – Т. 23, № 1. – С. 82-96, [G.G. Zabudskii, N.S. Veremchuk, An Algorithm for Finding an Approximate Solution to the Weber Problem on a Line with Forbidden Gaps. J. Appl. Ind. Math., 2016, 10(1), pp. 136-144].
5. Забудский, Г. Г. Алгоритмы компактного размещения технологического оборудования на параллельных линиях / Г. Г. Забудский, И. В. Амзин // Сиб. журн. индустр. матем. – 2013. – 16:3 (55). – С. 86–94.
6. E.A. Mukhacheva, V.A. Zalgaller, Linear programming cutting problems. Intern. J. of Software Engineering and Knowledge Engineering, 1993, vol. 3, no. 4, pp. 463-476.
7. Мухачева, Э. А. Метод динамического перебора в задаче двумерной упаковки / Э. А. Мухачева, А. Ф. Валеева // Информационные технологии. – 2000. – № 5. – С. 30-37.
8. Руднев, А. С. Вероятностный поиск с запретами для задачи упаковки кругов и прямоугольников в полосу / А. С. Руднев // Дискрет. анализ и исслед. операций. – 2009. – Т. 16, № 4. – С. 61-86.
9. Математическая модель оптимизации гибких модулей технологического оборудования / Г.Г. Забудский, С. А. Лёгих // Прикл. математика и информ. технологии : сб. науч. и метод. трудов. – Омск, 2005. – С. 20–28.
10. Wai-Kai Chen. The VLSI Handbook, CRC Press, 2000. 1975 p.
11. Garey M.R., Johnson D.S. Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. Freeman, San Francisco, 1979; Mir, Moscow, 1982. 338 p.

SEARCH OF LOCAL MINIMUM IN LOCATION PROBLEM OF RECTANGLES ON LINES

Abstract. The problem of optimum location of the interconnected facilities on parallel lines with the forbidden gaps is considered. Location in the forbidden gaps isn't allowed. The locating facilities are connected among themselves and with gaps. For measurement of distances the rectangular metrics is used. Criterion of optimization is minimization of total cost of communications of facilities among themselves and with gaps. The considered problem is model of many practical applications from various fields of science and design. The mathematical model of integer linear programming of search of a local optimum of the problem is constructed. The computing experiment with use of the offered model and an IBM ILOG CPLEX package is made.

Keywords: mathematical model, Weber problem, forbidden gaps, parallel lines, rectangular metrics.

REFERENCES

1. Farahani R.Z., Hekmatfar M. Facility location: Concepts, models, algorithms and case studies. Heidelberg: Physica-Verlag, 2009. 549 p.
2. Klamroth K. Single-Facility Location Problems with Barriers. Springer Series in Operations Research, 2002. 216 p.
3. Zabudsky G., Veremchuk N. About Local Optimum of the Weber Problem on Line with Forbidden Gaps. Proc. DOOR 2016, Vladivostok, Russia, September 19-23, 2016. CEUR-WS, 2016, vol. 1623, pp. 115-124. CEUR-WS.org, online: <http://ceur-ws.org/Vol-1623/paperco17.pdf>
4. Zabudskii G.G., Veremchuk N.S. An Algorithm for Finding an Approximate Solution to the Weber Problem on a Line with Forbidden Gaps. J. Appl. Ind. Math., 2016, 10(1), pp. 136-144.
5. Zabudskii G.G., Amzin I.V. Algorithms of compact location for technological equipment on parallel lines, Sib. Zh. Ind. Mat., 2013, 16(3), pp. 86-94.
6. Mukhacheva E.A., Zalgaller V.A. Linear programming cutting problems. Intern. J. of Software Engineering and Knowledge Engineering, 1993, vol. 3, no. 4, pp. 463-476.
7. Muhacheva E.A., Valeeva A.F. Metod dinamicheskogo perebora v zadache dvumernoj upakovki [Method of dynamic search in a problem of two-dimensional packing]. Informacionnye tehnologii [Information technologies], 2000, no. 5, pp. 30-37.
8. Rudnev A.S. Probabilistic tabu search algorithm for the packing circles and rectangles into the strip. Diskret. Anal. Issled. Oper., 2009, 16(4), pp. 61–86.
9. Zabudskii G.G., Ljogkih S.A. Matematicheskaja model' optimizacii gibkih modulej tehnologicheskogo oborudovanija [Mathematical model of optimization of flexible modules of processing equipment]. Prikl. matematika i inform. Tehnologii [Appl. Math. Inf. Technol.]: Sb. nauch. i metod. trudov., izd. OmGTU, Omsk, 2005, pp. 20–28.
10. Wai-Kai Chen. The VLSI Handbook, CRC Press, 2000. 1975 p.
11. Garey M.R., Johnson D.S. Comput-

ers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness. Freeman, San Francisco, 1979; Mir, Moscow, 1982. 338 p.

Веремчук Наталья Сергеевна (Омск, Россия) – аспирант, Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН (644043, г. Омск, ул.

Певцова, 13, e-mail: n-veremchuk@rambler.ru)
Natalia S. Veremchuk (Omsk, Russian Federation) – Post-Graduate Student, Sobolev Institute of Mathematics Siberian Branch of RAS (644043, Russia, Omsk, Pevtsova St., 13, e-mail: n-veremchuk@rambler.ru

УДК 004.41

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ В ВУЗЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

*Л. И. Остринская, С.Ю. Пестова,
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, г. Омск*

Аннотация. Рассматривается концептуальный подход к разработке информационной системы оперативного управления образовательным процессом в вузе (ИС ОУОП ВУЗ), в основе которого лежит OLAP-куб, сервис-ориентированная, клиент-серверная архитектура и кроссплатформенность, позволяющие создать в среде Интернет Личные кабинеты для конечных участников и пользователей образовательного процесса. Для всех групп пользователей определен набор WEB-Сервисов, описана их модель, предложено проектное решение на основе описанных бизнес-процессов в нотации BPMN.

Ключевые слова: информационная система, оперативное управление, образовательный процесс, проектирование, OLAP-куб, клиент-серверная архитектура, Личный кабинет, WEB-Сервис, бизнес-процесс, вуз.

ВВЕДЕНИЕ

Изменения, происходящие в сфере образования, обладают высокой динамичностью: меняются задачи, организационные структуры и стандарты, все это требует от информационных систем управления вузом высочайшей производительности и оперативности. Существующие на данный момент ИС управления образовательным процессом в вузах страны в своем большинстве:

1) фрагментарны, внедрены по принципу, так называемой «лоскутной» автоматизации и реализуют отдельные подсистемы и процессы таких структурных подразделений как Учебно-методическое управление, Отдел календарного планирования, Кафедры, Деканаты;

2) не автоматизируют процессы оперативного обращения к группе данных и сведений в ходе учебного процесса сотрудникам деканатов, членам кафедр, преподавателям, студентам, родителям;

3) только частично автоматизируют деятельность профессорско-преподавательского состава (на уровне работы с информационной системой по оценке знаний на основе балльно-рейтинговой методики);

4) не позволяют активно использовать для реализации ряда задач и функций в качестве технических средств современные мобильные устройства и программные приложения к ним [1].

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ-АНАЛОГОВ

В настоящее время для обеспечения образовательной деятельности вузов используются следующие информационные системы: ТАНДЕМ University, United University, Naumen University и Галактика «Управление Вузом», PLANU и другие.

Исследование рынка программных продуктов, разработанных и реализованных для

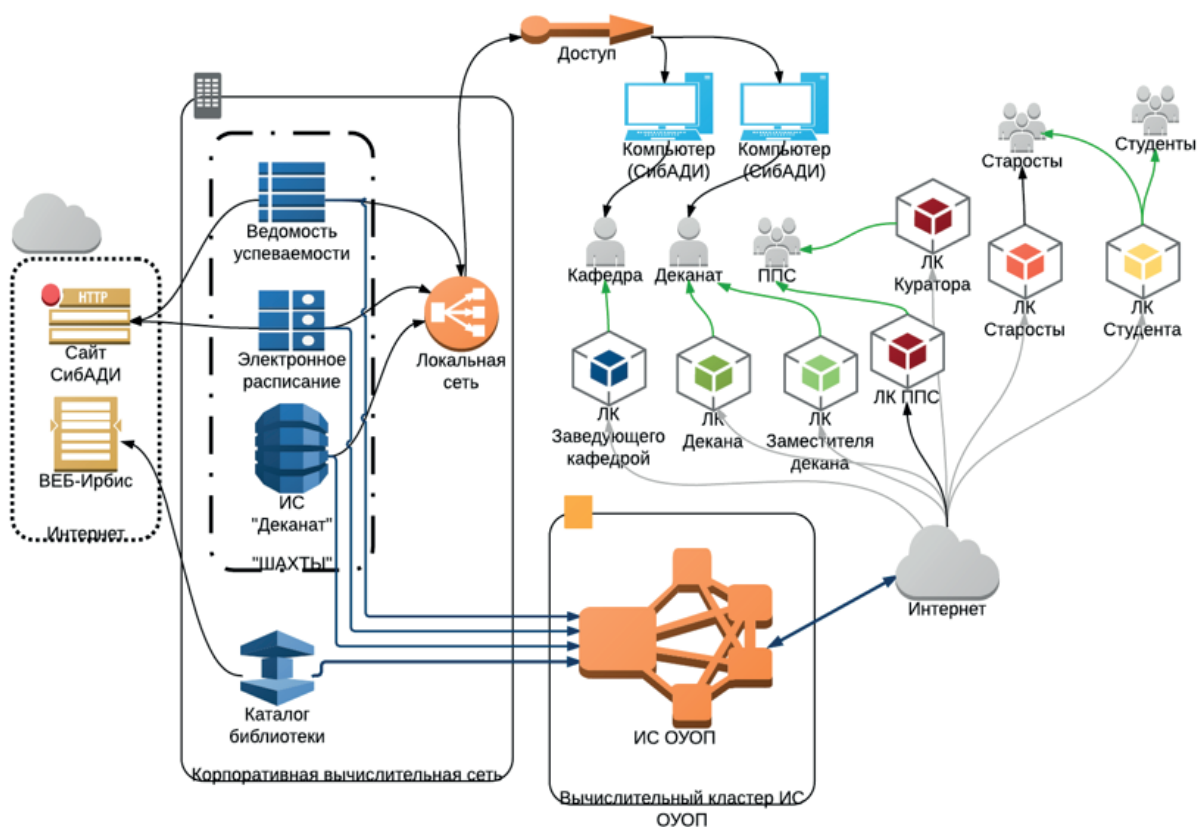


Рис. 1. Концептуальная схема организации WEB-Сервисов и построения Личных кабинетов ФГБОУ ВО «СибАДИ» [1]

высших учебных заведений показало, что существующие на данный момент информационные системы-аналоги не дают возможности:

- обеспечить полную автоматизацию деятельности вуза и реализовать все необходимые функции;
- сделать возможными участниками образовательного процесса, как структурные подразделения, так и преподавателей, студентов, а в некоторых случаях и их родителей посредством создания ЛК;
- поддерживать WEB-Сервис для оперативного управления процессами в вузе.

ПЛАТФОРМА И АРХИТЕКТУРА ПРОЕКТИРУЕМОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Анализ информационных потоков и функционала, применяемых на данном этапе информационных систем (ИС) выполнялся на примере ФГБОУ ВПО «СибАДИ». Прделанная работа позволяет сделать вывод об отсутствии в системах-аналогах ряда функций, с помощью которых можно получить среду обработки данных для всех участников учебного

процесса. Приобретенные вузом информационные системы не могут обеспечить оперативный доступ к данным, однако следует заметить, что все они обладают другим важным и положительным качеством – содержат практически всю информацию, которая способна покрыть информационные запросы разных групп пользователей. Иными словами, можно смело сказать, что на их основе для будущей платформы автоматизации процессов может быть реализован OLAP-куб — (OnLine Analytical Processing — оперативный анализ данных) куб данных или так называемый многомерный массив данных, как правило, разреженный и одновременно хранимый. Областью его хранения и использования может стать облачное хранилище данных, организованное вузом. Применение данных технологий позволит хранить и обрабатывать запросы для организуемых сервисов в так называемом «облаке», которое представляет собой, с точки зрения пользователя, один большой виртуальный сервер.

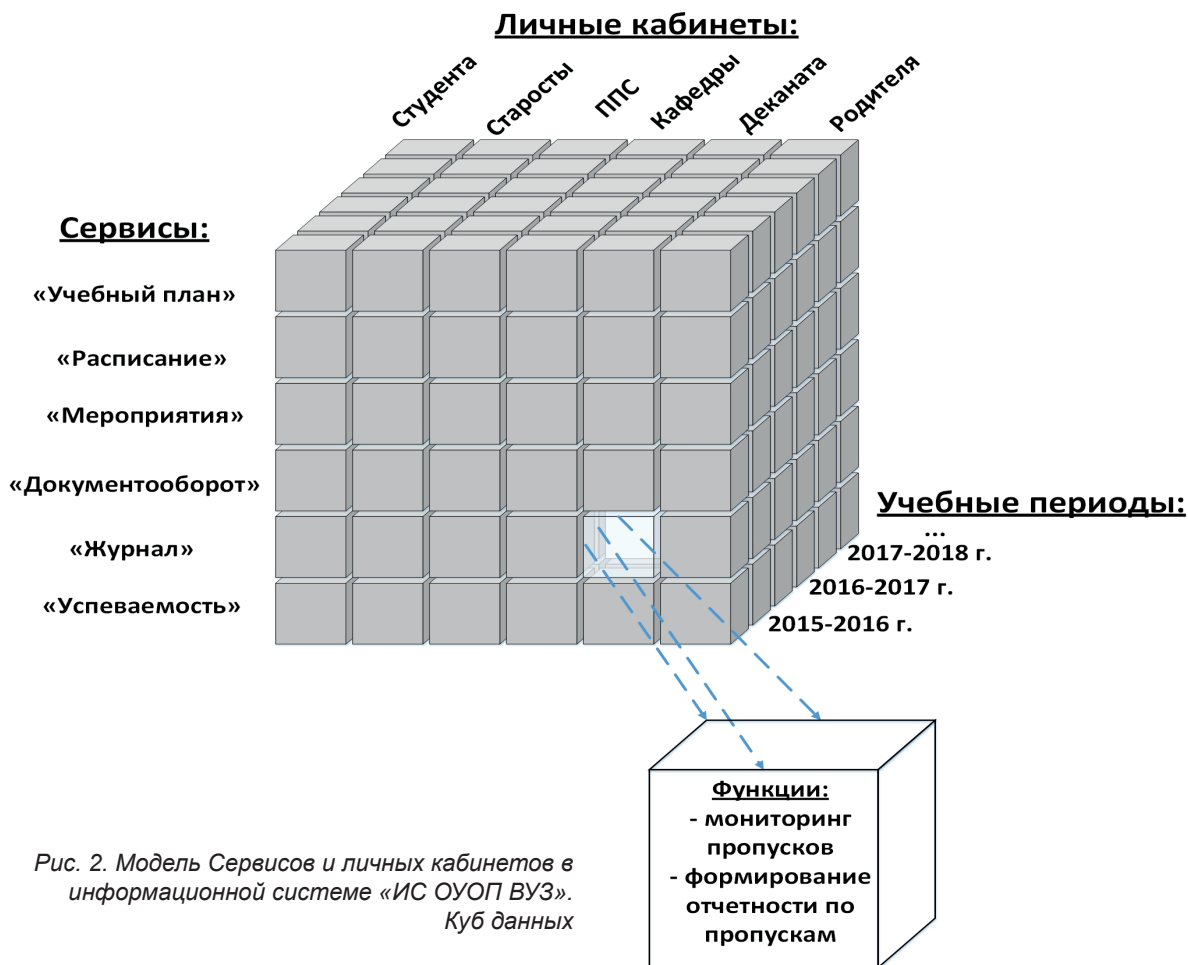
Данные технологии позволяют «безболезненно» перейти к одной интегрированной полнофункциональной системе на основе клиент-серверной архитектуры, при которой

**РАЗДЕЛ IV.
ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

Таблица 1

ПРЕДПОЛАГАЕМЫЙ НАБОР СЕРВИСОВ И ФУНКЦИЙ В ЛИЧНЫХ КАБИНЕТАХ

Сервисы	Функции	Личные кабинеты					
		Студент	Староста	ППС	Деканат	Кафедра	Родитель
Расписание	Составление графика консультаций	-	+	+	-	+	-
	Просмотр графика консультаций	+	+	+	+	+	+
	Организатор	+	+	+	+	+	-
	Расписание студентов	+	+	+	+	+	+
	Расписание преподавателя	+	+	+	+	+	+
	Расписание аудиторий	-	-	+	+	+	-
	Составление расписания сессии	-	-	+	+	+	-
	Просмотр расписания сессии	+	+	+	+	+	+
	Составление расписания приема долгов	-	-	+	-	+	-
Просмотр расписания приема долгов	+	+	+	+	+	+	
Мероприятия	Общение с другими субъектами процесса	+	+	+	+	+	+
	Предложение мероприятий	+	+	+	+	+	-
	Согласие участия	+	+	-	-	-	-
	Отметка об участии	+	+	-	+	-	-
	Анкетирование службами вуза	+	+	+	+	+	+
	Просмотр графика мероприятий	+	+	+	+	+	+
Учебный план	Просмотр планов обучения	+	+	+	+	+	+
	Просмотр индивидуальных планов	-	-	+	+	+	-
	Просмотр дисциплин	+	+	+	+	+	+
Успеваемость	Просмотр рейтинга обучения	+	+	+	+	+	+
	Внесение изменений в рейтинг обучения	-	-	+	-	+	-
	Мониторинг успеваемости группы	-	-	+	+	+	-
	Просмотр долгов	+	+	+	+	+	+
	Структура долгов	+	-	+	+	+	+
	Зачетная книжка	+	+	-	+	+	+
Журнал	Изменение статуса «н» (уважительная причина)	-	-	+	-	-	-
	Фиксация присутствия	+	+	+	-	-	-
	Согласование «н»	-	+	+	-	-	-
	Подтверждение «н»	-	+	+	-	-	-
	Выставление оценок	-	-	+	-	-	-
	Закрепление тем и заданий	-	-	+	-	-	-
	Мониторинг «н»	+	+	+	+	+	+
	Формирование отчетности по «н»	-	-	+	+	+	-
Документооборот	Запрос на справку в деканат	+	-	-	-	-	+
	Уведомление о готовности справки	+	-	-	+	-	+
	Карточка студента	+	-	-	+	+	+
	Уведомления по группам пользователей	+	+	+	+	+	+



рабочие приложения, существующие в вузе, не будут зависеть от устройств, платформ и операционных систем [2.3]. Поскольку автоматизируемые процессы могут обладать сложной и динамически меняющейся структурой, необходимо обеспечить независимость и возможность замещения компонентов системы, что позволит достичь модульного подхода к построению ИС.

В общем виде сервис-ориентированная архитектура (далее SOA) подразумевает содержание в себе трех основных акторов: поставщика услуг, потребителя услуг и реестр услуг [4]. Это дает возможность добавлять новые сервисы, а также осуществлять их редактирование для улучшения производительности. Таким образом, SOA — это набор взаимодействующих модулей в сети для увеличения гибкости инфраструктуры, экономии материальных и финансовых ресурсов на разработку и повышение реакции на изменяющиеся требования, которые имеют автономные от платформы интерфейсы [5,6]. Пользователи смогут реализовать свои информационные потребности с помощью разнообразных вы-

сокомобильных WEB-Сервисов, реализованных в структуре Личных кабинетов (далее ЛК). Концептуально схема организации WEB-Сервисов, взаимодействующая с уже имеющимися ИС и предоставляющая доступ к ЛК через сеть Интернет для ФГБОУ ВО «СибАДИ» представлена на рис. 1.

СОЗДАНИЕ ЛИЧНЫХ КАБИНЕТОВ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

Основная идея информационной системы оперативного управления образовательным процессом в вузе состоит в создании Информационной среды в виде Личных кабинетов всех субъектов вуза, участвующих в образовательном процессе. Все Личные кабинеты должны состоять из набора Сервисов, каждый Сервис содержит набор функций. Сервисы и функции могут взаимодействовать на уровне Личных кабинетов. Таким образом, функциональные возможности ЛК позволят улучшить информационный обмен между пользователями и создать все условия для их эффективного взаимодействия [7].

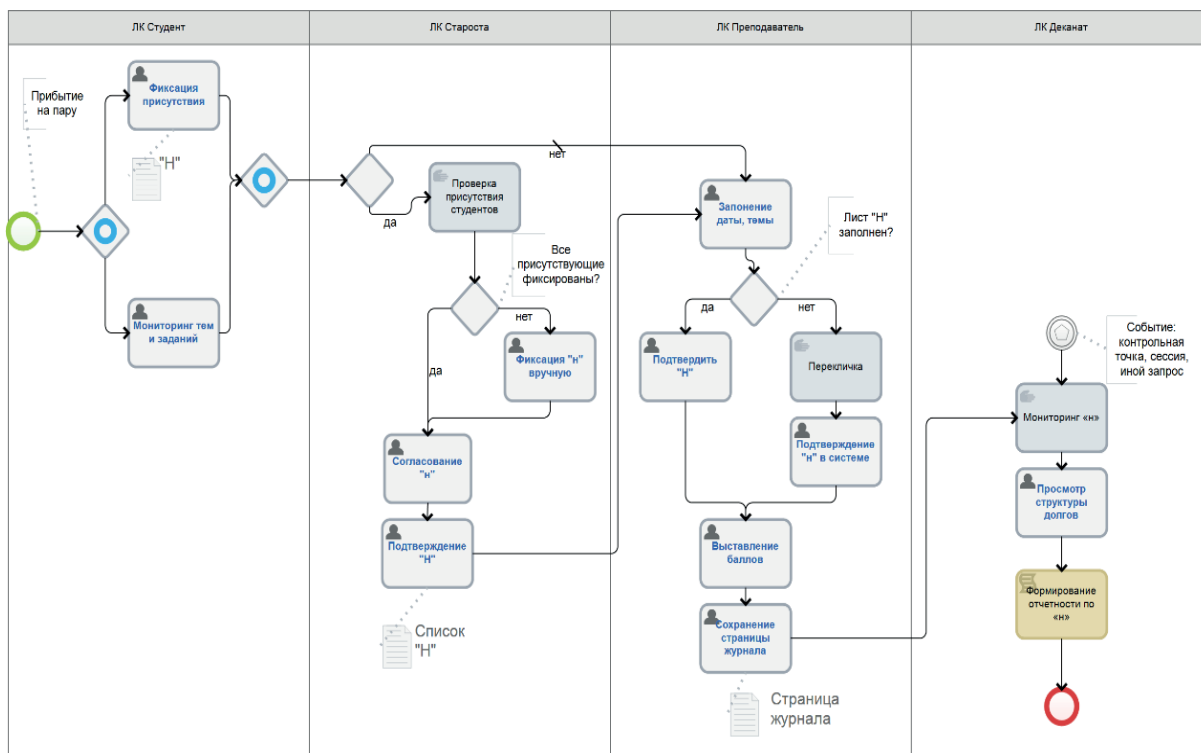


Рис. 3. Бизнес-процесс сервиса «Журнал»

Ориентируясь на информационные потребности конечных пользователей – сотрудников кафедр, деканата, преподавателей, старост, студентов, родителей был сформирован примерный набор Сервисов и их функций непосредственно для каждого Личного кабинета (таблица 1).

МОДЕЛЬ OLAP-КУБА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ В ВУЗЕ

Модель Сервисов и Личных кабинетов в информационной системе «ИС ОУОП ВУЗ» представлена в виде Куба данных. Информационное наполнение, которого отражено на рис. 2.

Вертикальные задачи (например, просмотр успеваемости студента и ведение портфолио) – это функции, реализуемые в ЛК пользователя Студент. Наборы функций, отдельно взятые из ЛК различных пользователей (горизонтальные задачи) – это и есть Сервисы.

Таким образом, например, Сервис «Журнал» будет автоматизировать через Личные кабинеты процесс участия в образовательном процессе всех участников. Знаком «+» помечены доступные для них через данный Сервис функции, знак «-» исключает такую возмож-

ность. Все функции Сервиса будут доступны преподавателю, родитель сможет только проводить их мониторинг и таким образом контролировать процесс посещения занятий. С помощью полученной в ходе проектирования таблицы были выявлены функциональные привязки к Сервисам по Личным кабинетам пользователей.

Такой подход к автоматизации оперативного управления образовательным процессом в вузе удобен и выгоден, так как проект может начаться с реализации одного Сервиса. Для решения проблемы оперативности Сервисов необходимо применить WEB-технологии, с помощью которых новые WEB-сервисы могут добавляться в так называемую «сервисную шину», вытесняя на каждой итерации устаревшие технологии и приложения

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМ ПРОЦЕССОМ В ВУЗЕ

Важно отметить, что разработка сервисов должна основываться на оптимизированных бизнес-процессах, позволяющих осуществлять контроль качества, эффективности и соблюдение сроков. Этим обусловлена необходимость предварительного реинжиниринга

бизнес-процессов. Выделение и внедрение процессов итеративно позволит минимизировать затраты вуза. Необходимо выбрать процесс или группу связанных процессов, при изменении которого нет необходимости согласовывать изменения с другими уровнями, при условии сохранения структуры входящих и исходящих потоков информации и потоков управления. Для каждого Личного кабинета и Сервиса проектируемой информационной системы были описаны бизнес-процессы в нотации BPMN [8]. Бизнес-процесс Сервиса «Журнал» представлен на рис. 3. Как видно, в процессе задействованы процессы четырех Личных кабинетов: Студент, Староста, Преподаватель, Деканат, в каждом из которых выполняются определенные наборы функций.

Такие процессы спроектированы для каждого сервиса, они могут лечь в основу информационной системы ОУОП ВУЗ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Переход к выше описанным облачным технологиям достаточно сложный процесс и потребует пересмотра роли и значения информационных технологий в ВУЗе. Создание полнофункциональной системы, основанной на WEB-сервисе, позволит накапливать функциональные способности ИС ОУОП ВУЗ и без серьезных затрат получить информационную систему для всех участников учебного процесса. Заглядывая в будущее таких технологий можно прогнозировать их глобальное распространение в среде высших заведений Российской Федерации, но уже на базе «Облака» Министерства образования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Концепция организации информационных сервисов для управления образовательным процессом в вузе / 18-ая Научно-практическая конференция «Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИМ&УЗ-2015) Том 2 / Е.Ю. Гергалло, С.С. Каныгин, А.А. Комов ; МЭСИ. – М., 2015. – 124 с.: ил. - Библиогр. с. 73-76.

2. Разработка сервис-ориентированной ар-

хитектуры [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.moluch.ru/> (Дата обращения 9.11.15)

3. Сервис-ориентированная архитектура [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://citforum.ru/> (Дата обращения 03.11.15)

4. Сервис-ориентированная архитектура сегодня: введение в SOA / Джерими Уэстерман (Jeremy Westerman) [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://citforum.ru/internet/webservice/soa/> (Дата обращения 29.10.15)

5. Эффективное управление образовательным процессом в вузе посредством современных информационных технологий Международная научно-практическая конференция «Ценности и интересы современного общества» Экономика, управление и ИТ Часть 4: [Текст] / Гергалло Е.Ю., Садыков А.К.; МЭСИ. – Москва: 2015. – 486 с.: ил. - Библиогр. с. 409-413.

6. Концепция проектирования сервисов информационной системы оперативного управления образовательным процессом вуз «ИС ОУОП ВУЗ» / Сборник тезисов участников форума «Наука будущего - наука молодых» [Текст] / Гергалло Е.Ю., Комов А.А.; Инконсалт К. – М., 2015. – С. 251-253.

7. Новые подходы к организации знаний в подготовке инженеров в ИТ-направлении СибАДИ / Остринская Л.И., Разумов В.И.; Сборник: Развитие дорожно-транспортного и строительного комплексов и освоение стратегически важных территорий Сибири и Арктики: вклад науки материалы международной научно-практической конференции [Электронный ресурс]. - Омск, 2014. - С. 218-221.

8. Аннотированный сборник выпускных квалификационных работ студентов направления «Прикладная информатика», профиля «Прикладная информатика в информационной сфере» [Электронный ресурс] / Министерство образования и науки Российской Федерации. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)»; сост. Л.И. Остринская, С.Ю. Пестова. - Омск, 2015. - 113 С.

CONCEPTUAL APPROACH TO THE DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM OF OPERATIONAL MANAGEMENT OF EDUCATIONAL PROCESS IN HIGHER SCHOOL WITH THE USE OF CLOUD TECHNOLOGIES

Annotation. Examines the conceptual approach to the development of the information system operating management of educational process in the University (IS OMEP UNIVERSITY), which is based on an OLAP-cube, service-oriented, client-server architecture and a platform that allows you to create online

РАЗДЕЛ IV. ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Personal accounts for the end users and participants of the educational process. For all groups of users are defined in a set of WEB Services, described their model, the proposed design solution based on the described business processes in BPMN notation.

Keywords: *information system, operational management, educational process, designing, OLAP cube, a client-server architecture, personal area, WEB Service, business process, university.*

REFERENCES

1. The concept of organizing information services for the management of educational process in high school / 18-th Scientific-practical conference "Engineering of enterprises and knowledge management (THEM&US-2015) Volume 2: [Text] / Gargala E. Yu., Kanygin S. S., Komov A. A.; MESI. – Moscow: 2015. – 124 p.: ill. - Bibliogr. p. 73-76.

2. Development of service-oriented architecture [Electronic resource] / access Mode: <http://www.moluch.ru/> (accessed 9.11.15)

3. Service-oriented architecture [Electronic resource] / access Mode: <http://citforum.ru/> (accessed 03.11.15)

4. Service-oriented architecture today: an introduction to SOA / Jeremy Westerman (Westerman Jeremy) [Electronic resource] / access Mode: <http://citforum.ru/internet/websevice/soa/> (accessed 29.10.15)

5. Effective management of the educational process at the University by using modern information technologies international scientific and practical conference "Values and interests of modern society" Economics, management and the it Part 4: [Text] / Gergalo E. Yu., Sadykov A. K.; MESI. – Moscow: 2015. – 486 p.: ill. - Bibliogr. pp. 409-413.

6. The concept of designing services for information system operational management of educational process higher educational institution "IP OOP UNIVERSITY" / the Collection of theses of participants of the forum "science of the future-science for the young" [Text] / Gargala E. Yu., Komov A. A.; K. Inconsult – 2015. – 432 S.: Il. - Bibliogr. S. 251 to 253 define.

7. New approaches to the organization of knowledge in training engineers in the it-direction

of Services / Ostrynskaja L. I., Razumov V. I.; Book: the Development of road transport and construction industries and the development of the strategically important territories of Siberia and the Arctic: the contribution of science proceedings of the international scientific-practical conference [Electronic resource]. Omsk, 2014. Pp. 218-221.

8. An annotated collection of final qualifying works of students of the specialty «Applied Informatics», profile «Applied Informatics in the information sphere» [the Electronic resource] / Ministry of education and science of the Russian Federation. Federal state budgetary educational institution of higher professional education «Siberian state automobile and highway Academy (SibADI)»; comp. Ostrynskaja L. I., Pestova S. Yu. Omsk, 2015. 113 С.

Остринская Любовь Ивановна (Россия, г. Омск) – заведующий кафедрой «Прикладная информатика в экономике», ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, email l_i_romanova@mail.ru)

Ostrinskaya Liubov Ivanovna (Russian Federation, Omsk) – head of the Department of "Applied Informatics in Economics", of the Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI). (644080, Omsk, Mira Ave., 5, email l_i_romanova@mail.ru)

Пестова Светлана Юрьевна (Россия, г. Омск) – доцент кафедры «Прикладная информатика в экономике», ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, email: pestova_sv@mail.ru)

Pestova Svetlana Yurievna (Russian Federation, Omsk) – head of the Department of "Applied Informatics in Economics", of the Siberian State Automobile and Highway academy (SibADI). (644080, Omsk, Mira Ave., 5, email pestova_sv@mail.ru)

РАЗДЕЛ V

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 656.13

ВЛИЯНИЕ РАССТОЯНИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ СЕБЕСТОИМОСТЬ В СОВОКУПНОСТИ МИКРО АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ ПРИ «ИНСОРСИНГЕ»

Э.Р. Айтбагина¹, Е.Е. Витвицкий¹, Н.И. Юрьева²

¹«Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (СибАДИ)», Россия, г. Омск

²«Омский колледж отраслевых технологий строительства и транспорта» (ОКОТСиТ), Россия, г. Омск

Аннотация. В статье рассмотрены теоретические представления грузовых автомобильных перевозок о влиянии расстояния на себестоимость перевозок грузов. Представлено решение задачи организации и планирования перевозок кирпича автомобильным транспортом на поддонах в городе, получены результаты расчета производственной себестоимости перевозки грузов в отдельный день работы согласно принятому плану перевозок, установлены зависимости производственной себестоимости от увеличения расстояния перевозок грузов.

Ключевые слова: производственная себестоимость, расстояние, совокупность микросистем, «инсорсинг».

ВВЕДЕНИЕ

Для организации перевозок грузов важным является знание влияния отдельных факторов, в том числе и на себестоимость [1, с. 112-113]. «Себестоимость автомобильных перевозок – это суммарные затраты, выраженные в денежной форме, произведенные автотранспортным предприятием на перевозки грузов» [1, с. 107]. Одна из основных задач работников автомобильного транспорта – снижение себестоимости перевозок. Для этой цели можно воспользоваться методом построения характеристического графика [1, с. 113].

УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СЕБЕСТОИМОСТИ ОТ РАССТОЯНИЯ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ

В теории грузовых автомобильных перевозок влияние расстояния на себестоимость описывается непрерывными прямолинейными и гиперболическими зависимостями [1, с. 111, 2, с. 105], полученные по формулам [1, с. 107]:

$$S = \frac{\sum S_{\text{рас}}}{\sum P} \cdot 100, \quad (1)$$

где S – себестоимость перевозок грузов, руб/т или руб/т·км; $\sum S_{\text{рас}}$ – сумма расходов, связан-

ных с выполнением перевозок за определенный период времени, коп; $\sum P$ – выполненная за тот же период времени транспортная работа, т или т·км [1, с. 107].

$$Q = \frac{q \cdot \gamma \cdot \beta \cdot V_T \cdot T_H}{l_{\text{ге}} + \beta \cdot V_T \cdot t_{\text{пв}}}, \quad (2)$$

где Q – производительность автотранспортных средств (АТС) за смену, т; q – грузоподъемность АТС, т; γ – статический коэффициент использования грузоподъемности; β – коэффициент использования пробега; V_T – средняя техническая скорость, км/ч; T_H – время в наряде, ч; $l_{\text{ге}}$ – средняя длина груженой ездки, км; $t_{\text{пв}}$ – время погрузки-выгрузки, ч.

$$P = Q \cdot l_{\text{ге}}, \quad (3)$$

где P – транспортная работа за смену, т·км;

На практике, согласно натурным исследованиям [3, 4, с. 191-192], установлено, что перевозка от грузоотправителей (ГО) строительных грузов осуществляется помашинными отправлениями, «...в 55 % дней наблюдения, перевозки выполняются на радиальном маршруте. В остальные дни перевозок строительных грузов помашинными отправлениями выпол-

няются в смену на нескольких маятниковых маршрутах с обратным не груженым пробегом, на каждом из которых изолированно работает один АТС (21%)» (т.е. в совокупности нескольких микро- автотранспортных систем перевозок грузов (АТСПГ)). Согласно классификации [5, с. 47], микро АТСПГ – практика перевозок груза помашинными отправлениями на маятниковом маршруте с обратным не груженым пробегом, где согласно потребности в перевозках, необходимо иметь не более одного АТС. В СибАДИ в 1991 году выполнено исследование [7, с. 2], в котором «с позиций системного подхода рассматриваются работа грузовых автомобилей в различных условиях эксплуатации, аспекты формирования эксплуатационных затрат, доходов и прибыли в реальном транспортном процессе». На основании методики в [7, с. 26-28], были выполнены расчеты показателей работы АТС и построена зависимость общих затрат (рис. 1) в одной микро АТСПГ от расстояния перевозок грузов 1 класса на городских маршрутах.

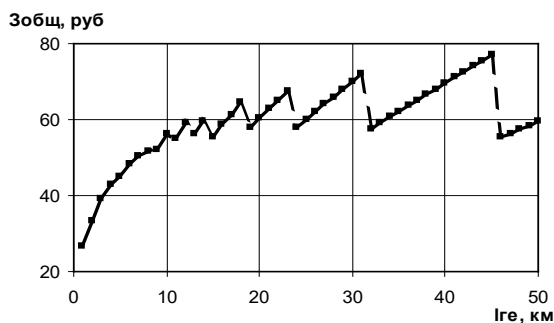


Рис. 1. Зависимость общих затрат на перевозку груза КамАЗ-5511 [7, с. 34]

Указанная зависимость (рис. 1) получена при использовании модели функционирования микро АТСПГ [5, с. 48], где:

$$Q = q\gamma \cdot Z_e, \quad (4)$$

где Z_e – количество ездов, ед.

$$P = q\gamma \cdot Z_e \cdot l_{ге}, \quad (5)$$

$$Z_{общ} = Z + 3П + НР, \quad (6)$$

где $Z_{общ}$ – общая сумма затрат на эксплуатацию подвижного состава, руб.; Z – общая сумма эксплуатационных затрат, руб.; $3П$ – сумма заработной платы, руб.; $НР$ – накладные расходы, руб. [7, с. 15-22].

Таблица 1

Исходные производственные ситуации в совокупности микро автотранспортных систем перевозок грузов

№ ГП (ветвей)	Возможные планы перевозок за день			
	1	2	3	4
1	0	min	0	max
2	min	0	max	0
3	0	max	0	min
4	max	0	min	0
5	0	min	0	max
6	min	0	max	0
7	0	max	0	min
8	max	0	min	0
9	0	min	0	max
10	min	0	max	0

В статье примем, что перевозка грузов организуется предприятием-производителем своего строительного груза, за свой счет, собственными АТС [8] для собственных строительных площадок, т.е. грузовые работы осуществляет организатор перевозок. Договор на перевозку грузов не заключается, поэтому требуется рассчитывать производственную себестоимость.

Условия функционирования АТС в совокупности микро АТСПГ [4, с. 193]:

– в каждой из совокупности микро АТСПГ работает изолированно одно АТС; плановый объем перевозок грузов на каждой из совокупности микро АТСПГ не превышает выработки одного АТС за смену; допустим, что расстояние перевозок грузов в каждой из совокупности микро АТСПГ одновременно увеличивается с шагом в 2 км, от начального значения 2 км до 60 км; величины технико-эксплуатационных показателей (ТЭП) получены по результатам практических наблюдений и взяты из нормативно-справочной литературы [9,10 и др.]; расчет результатов работы АТС и производственной себестоимости выполним, используя программно-математическое обеспечение «Расчет затрат на перевозку грузов в составе моделей микро и особо малой автотранспортных систем» [9,10 и др.] и модель функционирования микро АТСПГ [5, с. 47-48].

Практика характеризуется в частом изменении клиентуры, видов грузов и их объемов, что оказывает влияние на результаты функционирования совокупности микро АТСПГ в опе-

Таблица 2

**Результаты расчета технико-эксплуатационных показателей работы КамАЗ 5320
и расчета производственной себестоимости перевозки грузов для расстояния 2 км**

Показатели	Планово-возможный объем перевозок грузов	
	При max	При min
Длина маршрута, км (Lм)	4,000	4,000
Время на погрузку и разгрузку за езду, ч (tпв)	0,560	0,560
Время ездки (оборота) АТС, ч (te, o)	0,726	0,726
Выработка АТС за езду, т (Qe)	8,000	8,000
Выработка АТС за езду, т·км (Pe)	16,000	16,000
Целое число ездок, ед. ([Тм/te, o])	11,000	1,000
Остаток времени в наряде после выполнения целого количества ездок (оборотов), ч (ΔТм)	0,014	0,000
Дополнительная ездка, выполняемая за остаток времени, после выполнения целого количества ездок (оборотов), ед. (Z'e)	0,000	0,000
Количество ездок (оборотов) за время работы в микро АТСПГ, ед.	11,000	1,000
Выработка АТС в микро АТСПГ, т (Q)	88,000	8,000
Выработка АТС в микро АТСПГ, т·км (P)	176,000	16,000
Суточный пробег (пробег АТС за смену), км (Lобщ)	45,000	5,000
Фактическое время в наряде АТС, ч (Тн.ф.)	8,035	0,768
Общий пробег с грузом АТС за смену, км (Lг)	22,000	2,000
Коэффициент использования пробега за время работы в микро АТСПГ, β	0,489	0,400
Статьи затрат		
Заработная плата водителей, руб. (ФЗПводсд.общ)	2114,37	235,97
Страховые взносы, руб. (СВгод)	649,11	72,44
Автомобильное топливо, руб. (Зтопл.)	1107,80	110,55
Смазочные и прочие эксплуатационные материалы, руб. (Зэкспл.м.)	530,79	63,42
Износ и ремонт автомобильных шин, руб. (Зш)	75,81	8,42
Техническое обслуживание и эксплуатационный ремонт АТС, руб. (Зто, грощ)	370,82	116,06
Амортизация подвижного состава, руб. (Апс)	336,47	336,47
Производственная себестоимость перевозок грузов, руб (Sn)	5185,17	943,33

ративном режиме. У предприятия (ГО) имеется множество клиентов с множеством заявок, известно, что в разные дни места разгрузки и объемы заказов разные. Подробную информацию на практике предоставлять не желают, ссылаясь на коммерческую тайну, поэтому далее используем условные производственные ситуации, где изменяются планы перевозок за день (табл. 1), где № ГП – номер грузополучателя (ГП); min – минимально-возможный плановый объем перевозок в смену в микро АТСПГ; max – максимально-возможный плановый объем перевозок в смену в микро АТСПГ.

Рассмотрим применение КамАЗ-5320 для перевозки кирпича на поддонах, с исходными данными: городские условия эксплуатации, груз первого класса, односторонний грузопоток, односменный режим работы, количество и параметры груза известны заранее и не изменяются, организационно-правовая форма собственности – общество с ограниченной ответственностью. Исходное расстояние перевозок груза (Lг) = 2 км (для примера в данной статье), другие ТЭП: номинальная грузоподъемность АТС, (q) = 8 т; статический коэффициент ис-

Таблица 3

**Производственная себестоимость перевозки груза
в отдельный день работы для расстояния 2 км**

№ ГП (каждой из совокупности микро АТСПГ)	Возможные планы перевозок за день			
	1	2	3	4
1	0,00	943,33	0,00	5185,17
2	943,33	0,00	5185,17	0,00
3	0,00	5185,17	0,00	943,33
4	5185,17	0,00	943,33	0,00
5	0,00	943,33	0,00	5185,17
6	943,33	0,00	5185,17	0,00
7	0,00	5185,17	0,00	943,33
8	5185,17	0,00	943,33	0,00
9	0,00	943,33	0,00	5185,17
10	943,33	0,00	5185,17	0,00
ΣSp за день	13200,33	13200,33	17442,17	17442,17

Sp за день, руб.

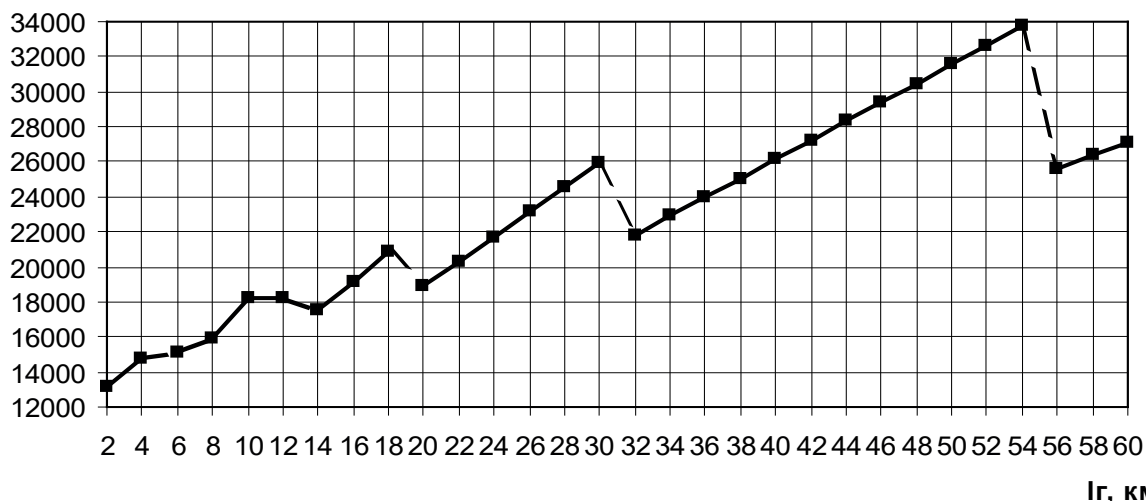


Рис. 2. Зависимость производственной себестоимости от расстояния в совокупности микро автотранспортных систем перевозок грузов

пользования грузоподъемности, (γ) равен 1; время в наряде, (T_n) = 8 ч; первый нулевой пробег, (l_{n1}) = 1 км; второй нулевой пробег, (l_{n2}) = 2 км (для примера); средняя техническая скорость, (V_t) = 24 км/ч; масса поддона с кирпичом брутто, (m) = 0,8 т; инвентарное количество АТС, (A_i) = 10 ед.; норма времени простоя под погрузкой и разгрузкой, ($\tau_{пв}$) = 4,2* мин. на 1 т.

Примечание.* – Нормы времени простоя бортовых автомобилей под погрузкой и разгрузкой грузов в пакетах на поддонах механизированным способом (козловыми, мостовыми и другими кранами, кроме автокранов) мин.

на 1 т номинальной грузоподъемности [11].

Рассматриваемое подразделение ГО, осуществляющее перевозки, имеет размерность до 10 АТС, основанием является [12]. Результаты расчета ТЭП работы КамАЗ 5320 и производственной себестоимости для расстояния перевозок 2 км представлены в табл. 2.

Результаты расчета производственной себестоимости в отдельный день работы в соответствии с производственными ситуациями (см. табл. 1) сведены в табл. 3.

Расчеты ТЭП и производственной себестоимости для других расстояний перевозок грузов выполнены аналогично вышеприведен-

Таблица 4

**Результаты расчета производственной себестоимости
для расстояний от 2 до 60 км в совокупности микро автотранспортных систем
перевозок грузов [4, с. 193]**

lg, км	Возможные планы перевозок за день			
	1	2	3	4
2	13200,33	13200,33	17442,17	17442,17
4	14760,16	14760,16	19392,29	19392,29
6	15057,00	15057,00	19452,90	19452,90
8	15908,76	15908,76	20343,14	20343,14
10	18234,86	18234,86	23444,64	23444,64
12	18162,75	18162,75	22948,15	22948,15
14	17472,94	17472,94	21529,91	21529,91
16	19183,48	19183,48	23703,07	23703,07
18	20872,64	20872,64	25856,21	25856,21
20	18942,81	18942,81	22571,54	22571,54
22	20337,14	20337,14	24273,46	24273,46
24	21719,92	21719,92	25972,63	25972,63
26	23129,61	23129,61	27695,74	27695,74
28	24514,06	24514,06	29388,84	29388,84
30	25911,53	25911,53	31092,47	31092,47
32	21815,09	21815,09	24559,41	24559,41
34	22896,33	22896,33	25793,87	25793,87
36	23982,83	23982,83	27032,27	27032,27
38	25069,92	25069,92	28273,53	28273,53
40	26148,51	26148,51	29509,54	29509,54
42	27216,85	27216,85	30742,60	30742,60
44	28311,86	28311,86	31994,34	31994,34
46	29373,85	29373,85	33202,05	33202,05
48	30463,99	30463,99	34454,56	34454,56
50	31560,28	35711,82	35711,82	35711,82
52	32638,66	32638,66	36932,59	36932,59
54	33743,61	33743,61	38201,94	38201,94
56	25602,75	25602,75	25602,75	25602,75
58	26353,95	26353,95	26353,95	26353,95
60	27133,55	27133,55	27133,55	27133,55

ным. Результаты расчета производственной себестоимости для расстояний перевозок lg = 2-60 км в отдельный день работы в соответствии с установленными производственными ситуациями представлены в табл. 4.

В табл. 4 представлено, что результаты расчета производственной себестоимости перевозки грузов при 1 и 2, 3 и 4 производственных ситуациях одинаковые, поэтому в данной

статье для примера представим зависимость при 1 и 2 производственных ситуациях в совокупности микро АТСПГ (рис. 2).

При тех же исходных данных выполнены аналогичные расчеты, но при использовании формул 2, 3. Зависимость производственной себестоимости перевозки грузов при 1 и 2 производственных ситуациях представлена на рисунке 3.

**РАЗДЕЛ V.
ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ**

Sp за день, руб

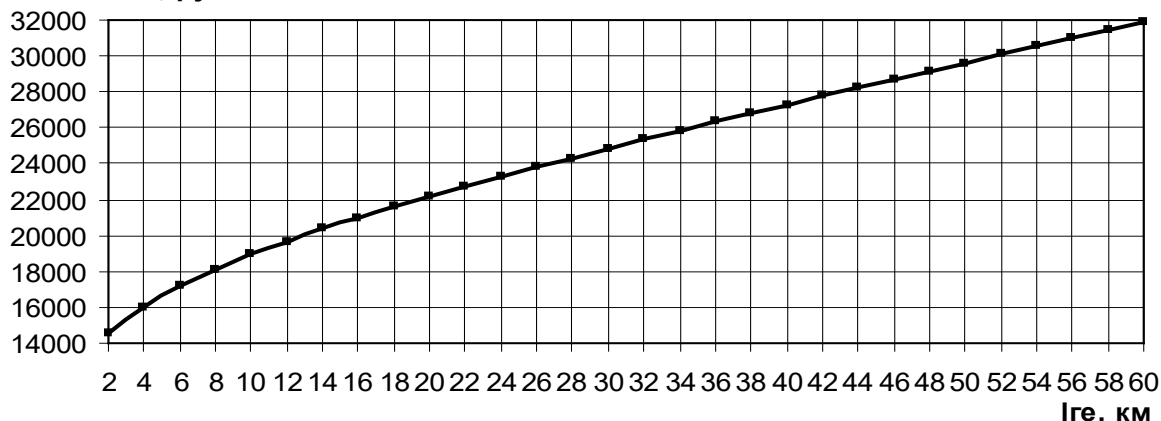


Рис. 3. Зависимость производственной себестоимости от средней длины груженой ездки в совокупности микро автотранспортных систем перевозок грузов

Таблица 5

Абсолютная и относительная разность результатов

l _г , км	Q _т , т	P _т , т·км	Sp _т за день, руб	Q _ф , т	P _ф , т·км	Sp _ф за день, руб	ΔQ, т	ΔQ, %	ΔP, т·км	ΔP, %	Δ Sp, руб	Δ Sp, %
2	200,15	400,29	14551,99	200,00	400,00	13200,33	-0,15	-0,08	-0,29	-0,07	-1351,66	-10,24
4	167,28	669,13	16035,36	168,00	800,00	14760,16	0,72	0,43	130,87	16,36	-1275,20	-8,64
6	144,75	868,53	17164,33	136,00	1200,00	15057,00	-8,75	-6,43	331,47	27,62	-2107,33	-14,00
8	128,35	1026,78	18077,94	120,00	1600,00	15908,76	-8,35	-6,96	573,22	35,83	-2169,18	-13,64
10	115,87	1158,66	18924,99	120,00	2000,00	18234,86	4,13	3,44	841,34	42,07	-690,13	-3,78
12	106,05	1272,62	19660,68	104,00	2400,00	18162,75	-2,05	-1,97	1127,38	46,97	-1497,93	-8,25
14	98,13	1373,84	20354,26	88,00	2800,00	17472,94	-10,13	-11,51	1426,16	50,93	-2881,32	-16,49
16	91,61	1465,69	20977,59	88,00	3200,00	19183,48	-3,61	-4,10	1734,31	54,20	-1794,11	-9,35
18	86,14	1550,45	21598,49	88,00	3600,00	20872,64	1,86	2,11	2049,55	56,93	-725,85	-3,48
20	81,49	1629,70	22177,97	72,00	4000,00	18942,81	-9,49	-13,18	2370,30	59,26	-3235,16	-17,08
22	77,48	1704,60	22732,97	72,00	4400,00	20337,14	-5,48	-7,61	2695,40	61,26	-2395,83	-11,78
24	74,00	1776,00	23258,50	72,00	4800,00	21719,92	-2,00	-2,78	3024,00	63,00	-1538,58	-7,08
26	70,94	1844,54	23808,28	72,00	5200,00	23129,61	1,06	1,47	3355,46	64,53	-678,67	-2,93
28	68,24	1910,71	24322,29	72,00	5600,00	24514,06	3,76	5,22	3689,29	65,88	191,77	0,78
30	65,83	1974,90	24834,04	72,00	6000,00	25911,53	6,17	8,57	4025,10	67,09	1077,49	4,16
32	63,67	2037,42	25341,47	56,00	6400,00	21815,09	-7,67	-13,70	4362,58	68,17	-3526,38	-16,16
34	61,72	2098,51	25802,57	56,00	6800,00	22896,33	-5,72	-10,21	4701,49	69,14	-2906,24	-12,69
36	59,96	2158,38	26317,17	56,00	7200,00	23982,83	-3,96	-7,07	5041,62	70,02	-2334,34	-9,73
38	58,35	2217,19	26783,33	56,00	7600,00	25069,92	-2,35	-4,20	5382,81	70,83	-1713,41	-6,83
40	56,88	2275,07	27263,25	56,00	8000,00	26148,51	-0,88	-1,57	5724,93	71,56	-1114,74	-4,26
42	55,53	2332,14	27760,80	56,00	8400,00	27216,85	0,47	0,84	6067,86	72,24	-543,95	-2,00
44	54,28	2388,49	28230,51	56,00	8800,00	28311,86	1,72	3,07	6411,51	72,86	81,35	0,29
46	53,14	2444,21	28698,96	56,00	9200,00	29373,85	2,86	5,11	6755,79	73,43	674,89	2,30
48	52,07	2499,37	29113,90	56,00	9600,00	30463,99	3,93	7,02	7100,63	73,96	1350,09	4,43
50	51,08	2554,02	29584,53	56,00	10000,00	31560,28	4,92	8,79	7445,98	74,46	1975,75	6,26
52	50,16	2608,22	30068,56	56,00	10400,00	32638,66	5,84	10,43	7791,78	74,92	2570,10	7,87
54	49,30	2662,01	30541,34	56,00	10800,00	33743,61	6,70	11,96	8137,99	75,35	3202,27	9,49
56	48,49	2715,43	30967,22	40,00	11200,00	25602,75	-8,49	-21,23	8484,57	75,76	-5364,47	-20,95
58	47,73	2768,51	31426,14	40,00	11600,00	26353,95	-7,73	-19,33	8831,49	76,13	-5072,19	-19,25
60	47,02	2821,29	31903,39	40,00	12000,00	27133,55	-7,02	-17,55	9178,71	76,49	-4769,84	-17,58

Абсолютная и относительная разность результатов, полученных при использовании формул 2,3 (с индексом «т») и модели микро АТСПГ (с индексом «ф»), представлена в табл. 5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам расчетов и построений необходимо сделать следующие выводы:

1. Согласно данным таблицы 8, применение формул 2 и 3 для расчета результатов работы АТС в совокупности микро АТСПГ не позволяет обеспечить точность расчетов. Отклонения от результатов расчета, полученных по модели микро АТСПГ, учитывающей дискретность транспортного процесса, наблюдаются при всех счетах, но где-то в «минус», а где-то в «плюс». Отклонения составляют:

– в тоннах от «минус» 10,13 (при $I_g=14$) до «плюс» 6,70 (при $I_g=54$), в процентах от «минус» 21,23 (при $I_g=56$) до «плюс» 11,96 (при $I_g=54$);

– в тонно-километрах от «минус» 0,29 (при $I_g=2$) до «плюс» 9178,71 (при $I_g=60$), в процентах от «минус» 0,07 (при $I_g=2$) до «плюс» 76,49 (при $I_g=60$);

– производственная себестоимость в рублях от «минус» 5364,47 (при $I_g=56$) до «плюс» 3202,27 (при $I_g=54$), в процентах от «минус» 20,95 (при $I_g=56$) до «плюс» 9,49 (при $I_g=54$).

2. Зависимость производственной себестоимости от увеличения расстояния перевозок грузов в совокупности микро АТСПГ описывается разрывной линейной функцией, отдельные отрезки которые находятся под углом к оси абсцисс, монотонно возрастающей функции гиперболического характера не установлено.

Характер зависимости производственной себестоимости в совокупности микро АТСПГ подчеркивает моменты скачкообразного изменения значений функции, где при увеличении расстояния перевозок грузов происходит падение количества выполненных ездов с грузом. Наблюдаются диапазоны изменения расстояния, в которых производственная себестоимость в совокупности микро АТСПГ имеет пропорциональное приращение.

Правомомерность сформулированного вывода обеспечивается совпадением с результатами ранее выполненных исследований другими учеными, но для других АТСПГ [7, с. 30-36].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1) Афанасьев, Л. Л. Единая транспортная система и автомобильные перевозки :

учебник для студ. вузов / Л. Л. Афанасьев, Н. Б. Островский, С. М. Цукерберг. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1984. – 333с.

2) Воркут, А. И. Грузовые автомобильные перевозки / А. И. Воркут. – 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 447 с.

3) Федосееенкова, Е. С. Практика перевозок грузов подвижным составом ООО «АТП-6» в городе Омске / Е. С. Федосееенкова // Развитие теории и практики грузовых автомобильных перевозок, транспортной логистики : сборник научных трудов №8 кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках Международной научно-практической конференции «Архитектура, Строительство, Транспорт» (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). – Омск : Полиграфический центр КАН, 2015. – С. 262-263

4) Витвицкий, Е. Е. Средняя автотранспортная система перевозок грузов в городах / Е. Е. Витвицкий, Е. С. Федосееенкова // Развитие теории и практики автомобильных перевозок, транспортной логистики : сборник научных трудов кафедры «Организация перевозок и управление на транспорте» в рамках Международной научно-практической конференции «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, новации», 7-9 декабря 2016 г. / под ред. Е. Е. Витвицкого. – Электрон. дан. – Омск: СибАДИ, 2016. – С. 191-194

5) Николин, В. И. Научные основы совершенствования теории грузовых автомобильных перевозок : автореф. дис д-ра техн. наук : 05.22.10 / В. И. Николин ; науч. конс. д-р техн. наук Л. Б. Миротин ; МАДИ. – М., 2000. – 37 с.

6) Мочалин, С. М. Научные основы совершенствования теории грузовых автомобильных перевозок по радиальным маршрутам: монография / С. М. Мочалин. – Омск : Изд-во «Вариант-Сибирь», 2003. – 246 с.

7) Николин, В. И. Справочник по коммерческой эксплуатации грузовых автомобилей (Часть 1) / В. И. Николин, А. В. Терентьев, М. Г. Рихтер. – Омск, 1991. – 112 с.

8) Горев, А. Э. Грузовые автомобильные перевозки : учебное пособие для студ. вузов / А. Э. Горев. – 5-е изд., испр. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.

9) Юрьева, Н. И. Программно-математическое обеспечение «Расчет затрат на перевозку грузов в составе моделей микро и особо малой автотранспортных систем». УДК 27,35625 Свидетельство о регистрации элек-

тронного ресурса № ОФЭРНиО: 21011 / Н. И. Юрьева, Е. Е. Витвицкий // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование» №06 (73) июнь 2015 г. С. 71.

10) Юрьева, Н. И. Электронная база данных «Справочные и нормативные материалы по автомобильному транспорту». УДК 621-027.32 Свидетельство о регистрации электронного ресурса № ОФЭРНиО: 20930 / Н. И. Юрьева, Е. Е. Витвицкий // Хроники объеди-

ненного фонда электронных ресурсов «Наука и образование». – 2015. – №05 (72). – С. 66.

11) Единые нормы времени на перевозку грузов автомобильным транспортом и сдельные расценки для оплаты труда водителей. – М. : Экономика, 1990. – 49 с.

12) Агеева, Л. И. Транспорт и связь в России : статистический сборник / Л. И. Агеева [и др.] – Изд-во «Росстат», 2012. – 303 с.

THE INFLUENCE OF THE DISTANCE OF CARGO TRANSPORTATION ON PRODUCTION COST IN SET OF MICRO AUTO TRANSPORT SYSTEMS IN “INSOURCING”

***Annotation.** The article considers the theoretical views of automobile cargo transportation on the impact of distance on cost of cargo transportation. Presents the solution the task of organization and planning of transportation of bricks on pallets by automobile transport in the city, obtained the results of calculating the production cost for cargo transportation in a individual day of work according to the adopted transportation plan, installed the dependence of the production cost from increasing the distance of cargo transportation.*

Keywords: production cost, distance, set of Microsystems, “insourcing”.

REFERENCES

1) Afanasev L.L., Ostrovskiy N.B., Tsukerberg S.M. Edinaya transportnaya sistema i avtomobilnyie perevozki [A unified transport system and automobile transportation: the textbook for stud. Universities]. Moscow, Transport, 1984. 333 p.

2) Vorkut A.I. Gruzovyye avtomobilnyie perevozki [Freight automobile transportation]. Kiev, Vysshaya shkola, 1986, 447 p.

3) Fedoseenkova E.S. [The practice of cargo transportation by rolling stock ООО “АТР-6” in the city Omsk]. Razvitie teorii i praktiki gruzovyh avtomobilnyih perevozok, transportnoy logistiki: sbornik nauchnyh trudov kafedry №8 «Organizatsiya perevozok i upravlenie na transporte» v ramkah Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Arhitektura, Stroitel'stvo, Transport» (k 85-letiyu FGBOU VPO «SibADI»), Omsk, Poligraficheskij centr KAN, 2015, pp. 262-263.

4) Vitvitskiy E.E., Fedoseenkova E.S. [Average auto transport system of cargo transportation in cities]. Razvitie teorii i praktiki avtomobilnyih perevozok, transportnoy logistiki: sbornik nauchnyh trudov kafedry «Organizatsiya perevozok i upravlenie na transporte» v ramkah Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Arhitekturno-stroitelnyy i dorozhno-transportnyy kompleksy: problemy, perspektivy, novatsii» (7-9 December), Omsk, “SibADI”, 2016, pp. 191-194.

5) Nikolin V.I. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya teorii gruzovyh avtomobil'nyh perevozok: avtoref. dis... d-ra tekhn. nauk: 05.22.10

[Scientific bases for improving the theory of trucking]. Moscow, 2000. 37 p.

6) Mochalin S.M. Nauchnye osnovy sovershenstvovaniya teorii gruzovyh avtomobil'nyh perevozok po radial'nym marshrutam [Scientific basics for improving the theory of trucking on radial routes]. Omsk, SibADI, 2003. 246 p.

7) Nikolin V.I., Terentev A.V., Rihter M.G. Spravochnik po kommercheskoy ekspluatatsii gruzovyh avtomobiley [Handbook of commercial exploitation of freight autotransport (Part 1)]. Omsk, 1991. 112 p.

8) Gorev A.E. Gruzovyye avtomobilnyie perevozki [Freight automobile transportation]. Moscow, Publishing center “Academy”, 2008. 288 p.

9) Yureva N.I., Vitvitskiy E.E. Raschet zatrat na perevozku gruzov v sostave modeley mikro i osobo maloy avtotransportnyih sistem [Software “calculation of the cost of the cargo transportation in the models of micro and very small auto transport systems”: UDK 27,35625 Registration certificate of electronic resource № OFERNiO: 21011]. Hroniki ob'edinennogo fonda elektronnyih resursov «Nauka i obrazovanie», no 6(73), June 2015, p. 71.

10) Yureva N.I., Vitvitskiy E.E. Spravochnyye i normativnyie materialy po avtomobilnomu transportu [Electronic database “Reference and regulatory materials by automobile transport”: UDK 621-027.32 Registration certificate of electronic resource № OFERNiO: 20930]. Hroniki ob'edinennogo fonda elektronnyih resursov «Nauka i obrazovanie», no 6(73), June 2015, p. 71.

труда. Понятно, что эффективное регулирование заработной платы в России невозможно без учета региональной специфики.

В регионах регулирование социально-трудовых отношений, ведение коллективных переговоров, организацию контроля за исполнением коллективных договоров осуществляют региональные (краевые, областные) трехсторонние комиссии. Результатом коллективных переговоров на региональном уровне является Региональное соглашение о социальном партнерстве – основополагающий документ, устанавливающий общие принципы регулирования социально-трудовых отношений на уровне субъекта РФ. Что касается регулирования заработной платы то, с апреля 2007 года в соответствии со статьей 133.1 ТК РФ «Установление размера минимальной заработной платы в субъекте Российской Федерации» субъекты самостоятельно устанавливают минимальный размер заработной платы (МЗП) с учетом социально-экономических условий и величины прожиточного минимума трудоспособного населения (ПМ ТН) в регионе.

Анализируя коллективно-договорное регулирование социально-трудовых отношений на уровне субъектов, целесообразно представить сравнительную характеристику участни-

ков коллективных переговоров: региональных объединений работодателей и профобъединений Сибирского федерального округа и Омской области в частности.

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ РАБОТОДАТЕЛЕЙ

Одним из показателей, характеризующих степень сформированности стороны работодателей в социальном партнерстве является удельный вес предприятий, входящих в состав регионального объединения от общего количества предприятий региона. Так в 2015 году в Омской области всего зарегистрировано 49261 предприятий [7], а в региональное объединение работодателей входит лишь 1115 предприятий или 2% от общего количества зарегистрированных предприятий [4]. Это свидетельствует о том, что представленность предприятий в региональном объединении работодателей в Омской области очень низкая и не достаточна для ведения реального социального диалога. В других субъектах Сибирского федерального округа количество предприятий и организаций, входящих в состав региональных объединений работодателей, также как и в Омской области, невелико (табл. 1) [8].

Таблица 1

Удельный вес организаций, входящих в состав региональных объединений работодателей в общем количестве зарегистрированных предприятий

Субъекты СФО	Количество предприятий (всего зарегистрировано)*	Количество предприятий, входящих в состав регионального объединения работодателей	Удельный вес (%) от общего количества зарегистрированных предприятий
Республика Алтай	–	Нет данных	–
Республика Бурятия	19494	82	0,4
Республика Тыва	3799	8	0,2
Республика Хакасия	–	Нет данных	-
Алтайский край	55912	102	0,18
Забайкальский край	–	Нет данных	–
Красноярский край	81432	255	0,3
Иркутская область	63504	253	0,4
Кемеровская область	–	Нет данных	–
Новосибирская область	142970	51	0,04
Омская область	49261	1115	2,2
Томская область	36240	31	0,08

Составлено автором

*Источник: официальный сайт Росстата - <http://www.gks.ru/>

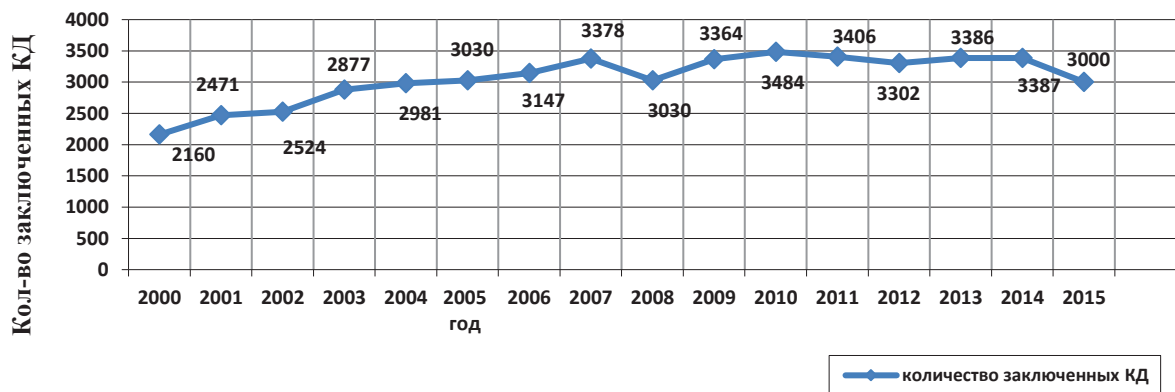


Рис. 1. Динамика заключения коллективных договоров в Омской области

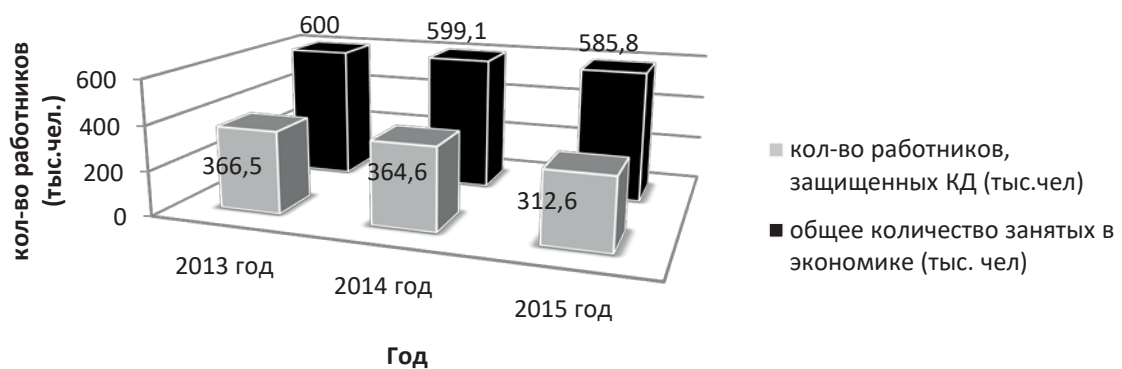


Рис. 2. Охват работников предприятий Омской области коллективными договорами

Данные таблицы свидетельствуют о том, что в Сибирском федеральном округе региональная представленность объединений работодателей еще очень низкая, в большинстве субъектах не достигает и 0,5 процента. Понятно, что необходимо продолжать работу по формированию региональных объединений работодателей с целью создания сильной и работоспособной стороны социального партнерства для ведения конструктивного диалога.

ПРОФСОЮЗЫ РЕГИОНА

Федерация независимых профсоюзов России, на сегодняшний день, одна из самых многочисленных и влиятельных организаций, выступающих от имени работников. В Сибирском федеральном округе она имеет 12 профобъединений и объединяет в своих рядах около 2млн. членов профсоюзов, состоящих в 22 тыс. первичных профсоюзных организациях [6]. По данным Росстата среднегодовая численность занятых в экономике по СФО в 2015 году составила 9061,5 тыс. человек, соответственно процент охвата членством в округе равен 22,1 %.

Важным показателем, характеризующим состояние профсоюзного движения в регионе,

является количество и содержание заключенных коллективных договоров и соглашений. На рисунке показана динамика заключения коллективных договоров за 15 лет в Омской области.

В 2011 и 2012 годах наблюдалось снижение количества заключаемых коллективных договоров. В 2011 году количество действующих коллективных договоров по сравнению с 2010 годом снизилось на 78 единиц (3484-3406), или 2,2%. Наибольшее снижение количества коллективных договоров произошло в Большереченском, Большеуковском, Колосовском, Крутинском, Марьяновском, Муромцевском, Таврическом и Усть-Ишимском муниципальных районах.

Сегодня сохраняется тенденция снижения количества заключаемых коллективных договоров и соответственно численность работников, чьи трудовые права защищены. По данным Министерства труда и социального развития Омской области в 2013 году в 3386 предприятий были заключены коллективные договоры, действия которых распространялось на 366548 человек, в 2014 году - 3387 колдоговоров (охват - 364660 человек), в 2015 году - более 3000 договоров (охват - 312600 человек) [3].

По сравнению с 2013 годом охват работников коллективными договорами в 2014 году уменьшился на 1888 п.п. (0,5 %), в 2015 году на 53948 п.п. (14,7%) (рис. 2). По данным Омскстата, в 2015 году численность работающих в организациях и учреждениях Омской области составила 585775 человек. Анализируя данные, можно сделать вывод, что 273175 человек или 46,6 % работающего населения Омской области не защищены коллективными договорами.

Причины, сложившейся ситуации в области заключения коллективных договоров различны. Одна из них малочисленность первичных профсоюзных организаций. Кроме того, те профсоюзы, которые сегодня существуют, слабы или вовсе недееспособны. Они занимаются чем угодно (организацией праздников, соревнований и т.п.), но только не защитой интересов работников. В результате наемные работники чувствуют себя абсолютно незащищенными перед угрозой увольнений и неоправданных сокращений заработной платы [1 с. 71]. Понятно, что эффективное регулирование социально-трудовых отношений невозможно без сильных и действенных профсоюзов.

КОЛЛЕКТИВНО-ДОГОВОРНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ НА УРОВНЕ РЕГИОНОВ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Коллективно-договорной способ регулирования заработной платы основан на принципах социального партнерства. На региональном уровне важным показателем деятельности органов социального партнерства является уровень минимальных гарантий по оплате труда, устанавливаемый региональным соглашением о минимальной заработной плате. Данные об установленной региональной минимальной заработной плате в Сибирском федеральном округе и величине прожиточного минимума для трудоспособного населения в 2015 году приведены в таблице 2 [5].

Т.о. наблюдается процесс роста минимальной заработной платы в СФО. Региональные соглашения о минимальной заработной плате приняты не во всех регионах, а только в восьми (Томская область, Кемеровская область, Новосибирская область, Забайкальский край, Омская область, Алтайский край, Красноярский край, Республика Алтай). Четыре субъекта СФО (Республика Бурятия, Республика Хакасия, Республика Тыва, Иркутская область) не воспользовались правом устанавливать свой

региональный минимум и МЗП в этих регионах равна федеральной гарантии – МРОТ. Таким образом, отставание МЗП от ПМ ТН колоссальное: Республика Бурятия – 40,4 % (0,59 ПМ ТН), Республика Хакасия – 37,1 % (0,63 ПМ ТН), Республика Тыва – 41,3 % (0,59 ПМ ТН), Иркутская область – 43,4 % (0,57 ПМ ТН).

Субъекты, в которых приняты соглашения, решающие проблему достижения размера минимальной заработной платы до ПМ ТН, размер минимальной заработной платы максимально приближен, либо выше уровня ПМ ТН (Кемеровская область, Красноярский край, Забайкальский край). В Кемеровской области минимальный размер заработной платы установлен в размере 14018,25 рублей во внебюджетном секторе экономики, что соответствует 1,5 ПМ ТН. В Забайкальском крае от 8059 до 10429 рублей (0,75 – 0,98 ПМ ТН) для работников организаций внебюджетного сектора. В Красноярском крае от 9544 рубля до 19009 рублей (0,83 – 1,66 ПМ ТН) (в зависимости от района).

В остальных субъектах СФО проблема равенства размера минимальной заработной платы и ПМ ТН пока не решена (Томская область, Новосибирская область, Омская область, Алтайский край, Республика Алтай) и величина ПМ ТН превышает размер минимальной заработной платы, но социальные партнеры ведут работу в этом направлении и сегодня в вышеуказанных регионах СФО минимальная заработная плата составляет: Республика Алтай – 0,86 ПМ ТН (внебюджетный сектор, кроме организаций сельского хозяйства) и 0,73 ПМ ТН в сельском хозяйстве; Томская область – 0,77 ПМ ТН для работников учреждений финансируемых из бюджета муниципального образования «Город Томск», работников иных работодателей, осуществляющих свою деятельность на территории г. Томска и 0,54 ПМ ТН - для всех остальных работников организаций Томской области; Новосибирская область – 0,81 ПМ ТН для внебюджетного и бюджетного секторов, кроме организаций сельского хозяйства и 0,56 ПМ ТН для сельского хозяйства; Омская область – 0,76 ПМ ТН в организациях внебюджетного сектора, кроме сельского хозяйства и 0,66 ПМ ТН для предприятий бюджетного сектора и сельского хозяйства; Алтайский край 0,86 ПМ ТН (внебюджетный сектор) и 0,63 ПМ ТН (бюджетный сектор).

Но хочется отметить, что процесс установления МЗП на уровне ПМ ТН в регионах СФО пусть медленно, пусть в чем-то «буксует», но он идет. Причем наблюдается уменьшение

Таблица 2

**Установленная региональная минимальная заработная плата (МЗП)
в Сибирском федеральном округе и величина прожиточного минимума
для трудоспособного населения (ПМ ТН)**

Субъект СФО	Минимальная заработная пла- та (руб.)	Величина прожиточного минимума тру- доспособного населения (руб.)	МЗП к величине ПМ ТН, (%)
Республика Алтай	8414 - внебюджетный сектор, кроме с/х; 7152 - с/х	9817,3	85,7 - внебюджетный сектор, кроме с/х; 72,9 – с/х
Республика Бурятия	Не установлена	10014	-
Республика Тыва	Не установлена	10169	-
Республика Хакасия	Не установлена	9481	-
Алтайский край	8116 – внебюджетный сектор; 5965 – бюджетный сектор	9417,3	86,2 - внебюджетный сектор; 63,3 - бюджетный сектор
Краснояр- ский край	От 9544 до 19009 (в зависимости от района)	11437,8	83,4 – 166,2
Иркутская область	Не установлена	10546,3	-
Новосибир- ская область	9030 – для внебюджетного и бюджетного секторов, кроме с/х; 6200 – для с/х	11094,5	81,4 - для внебюджетного и бюджетного секторов, кроме с/х; 55,9 – для с/х
Томская область	8581 - для работников уч- реждений, финансируемых из бюджета муниципального образования «Город Томск», работников иных работода- телей, осуществляющих свою деятельность на территории г. Томска; 5965 – для всех остальных ра- ботников организаций Томской области	11158,5	76,9 – для работников уч- реждений финансируемых из бюджета муниципального образования «Город Томск», работников иных работода- телей, осуществляющих свою деятельность на территории г. Томска; 53,5 - для всех остальных работников организаций Том- ской области
Омская область	6860 – внебюджетный сектор, кроме с/х; 5965 – для работников орга- низаций, инансируемых из об- ластного и местных бюджетов Омской области и с/х	9078,8	75,6 - внебюджетный сектор, кроме с/х; 65,7 - для бюджетного секто- ра и с/х
Кемеровская область	14018,25 – внебюджетный сек- тор	9345,5	150 - внебюджетный сектор
Забайкаль- ский край	8059 – 10429 – внебюджетный сектор, кроме с/х; 6044 – 9066 – бюджетный сек- тор, кроме с/х; 5965 – с/х	10695,7	75,3 – 97,5 - внебюджетный сектор, кроме с/х; 56,5 – 84,8 – бюджетный сек- тор, кроме с/х; 55,8 – с/х

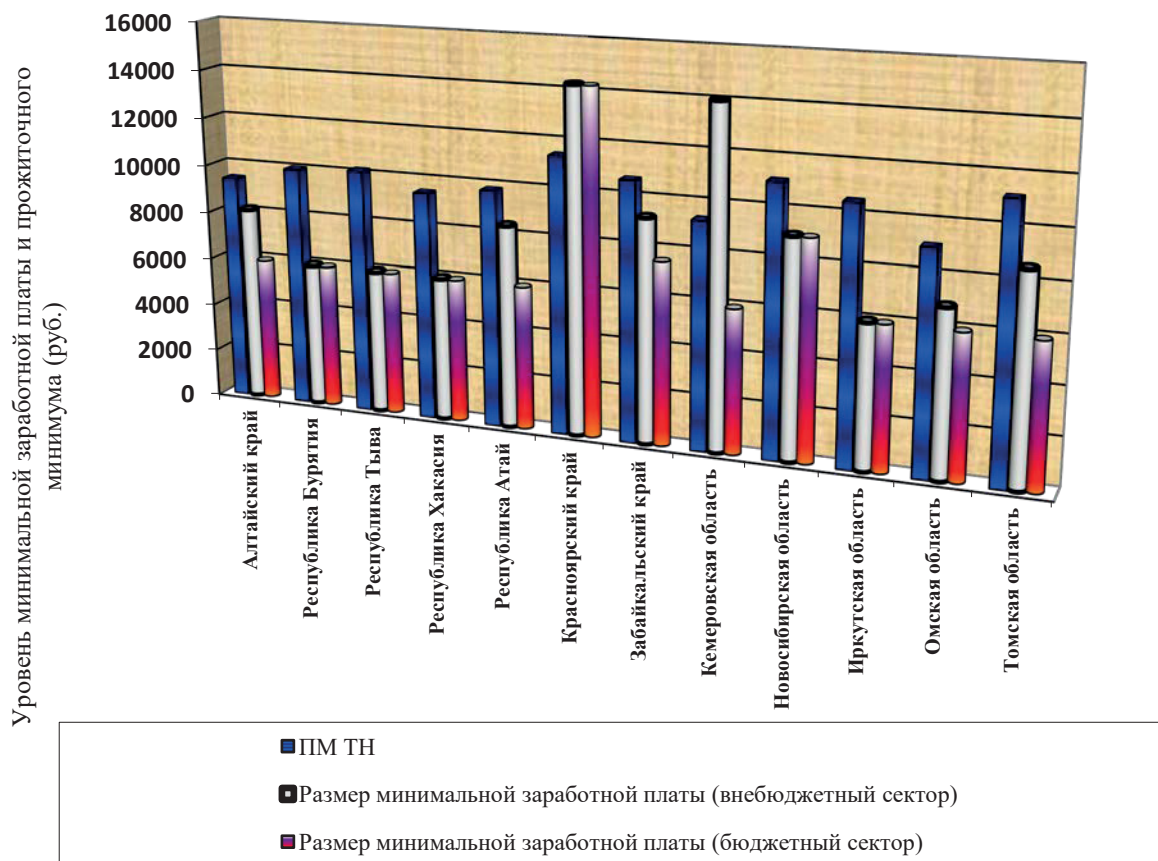


Рис. 3. Соотношение размера минимальной заработной платы в бюджетном и внебюджетном секторах и прожиточного минимума в регионах Сибирского федерального округа в 2015г.

числа регионов в СФО, не заключивших соглашений о минимальной заработной плате.

Вместе с тем следует отметить, что в тех регионах, где принято и действует региональное соглашение о минимальной заработной плате с положительной динамикой остается проблема в сфере бюджетного сектора экономики, в котором работодателем является государство - минимальный размер заработной платы ниже уровня ПМ ТН (рис. 3).

Практически во всех регионах СФО гарантии по заработной плате в бюджетном секторе экономики равны МРОТ. Только в трех субъектах СФО (Красноярский край, Новосибирская область, Забайкальский край) из двенадцати МЗП в бюджете несколько выше федеральной гарантии, но все равно не дотягивает до уровня прожиточного минимума трудоспособного населения.

Государство не только формирует и создает тот или иной экономический климат в стране, но и задает определенный минимальный социальный стандарт, ориентируясь на который работодатели выстраивают свои отношения с

работниками. И именно от того, каким будет данный социальный стандарт, зависит величина и объем тех гарантий и обязательств, на которые готов наниматель рабочей силы в дополнение государственных гарантий по отношению к работнику. И что же делает работодатель? Не нарушая требование закона он устанавливает на предприятии минимальный размер оплаты труда не ниже МРОТ, принятого федеральным законом, имея полное юридическое право держать эту «планку» в минимально допустимых пределах. Поэтому, соглашения о минимальной заработной плате ломают этот стереотип, согласовывая уровень заработной платы с величиной прожиточного минимума.

Оценивая региональные соглашения о минимальной заработной плате в СФО, возникает вопрос. Реально ли для всех отраслей субъектов (сельское хозяйство, охота, лесное хозяйство, текстильное и швейное производство) выполнить в полном объеме условия соглашения и повысить размер МЗП до уровня, установленного в региональном соглашении.

Например, в Кемеровской области минимальные гарантии по заработной плате установлены на уровне полуторакратной величины прожиточного минимума трудоспособного населения. По данным Кемеровостата, за 2015 год в сельском хозяйстве среднемесячная начисленная заработная равнялась 17464 руб., что в 2,5 раза ниже уровня заработной платы в добывающей отрасли (43943 руб.) и составила всего 0,62 от средней заработной платы Кемеровской области в целом. Еще хуже обстоят дела в текстильном и швейном производстве. В этой отрасли доля в средней заработной плате по области не достигла даже 40%. А в производстве кожи, изделий из кожи и производстве обуви данный показатель соответствует уровню 28,8%.

Исходя из вышесказанного можно предположить, что данное решение о минимальных гарантиях в сфере оплаты труда в регионе скорее носит декларативный характер, так как нет описания схемы осуществления контроля за исполнением дополнительного соглашения по отраслям. Очевидно, и то, что для одной отрасли исполнить данное требование соглашения возможно, например для добывающей отрасли или сферы финансовой деятельности. А вот как отрасль сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства, текстильного и швейного производства и производства кожи, изделий из кожи и производства обуви в состоянии ли дотянуть до установленной «планки»? Понятно, что в части выполнения поставленной задачи (повышения уровня минимальной заработной платы) требуется конкретика по отраслям [2, с. 128].

Например, в Новосибирской области и Забайкальском крае в Соглашении о минимальной заработной плате отрасль сельского хозяйства выделена. Администрация Новосибирской области, Федерация профсоюзов Новосибирской области Новосибирский союз руководителей предприятий и работодателей от лица объединений работодателей области установили на территории Новосибирской области минимальную заработную плату для работников организаций бюджетной сферы, финансируемых из областного и местных бюджетов - в размере 9030 руб.; для работников организаций внебюджетной сферы (кроме организаций сельского хозяйства) включая компенсационные и стимулирующие выплаты - размере 9030 руб.; для работников организаций сельского хозяйства - в размере 6200 рублей [2, с. 129].

В Забайкальском крае для работников внебюджетного сектора экономики от 8059 руб. до 10429 руб., от 6044 руб. до 9066 руб. – для ра-

ботников бюджетной сферы и 5965 руб. – для работников сельского хозяйства [2, с. 129].

Проведенное исследование на уровне регионов СФО и Омской области в частности свидетельствует о том, решение задачи по исключению отставания МЗП от ПМ ТН в регионах находится в зависимости от качественного развития системы социального партнерства: в региональных трехсторонних соглашениях должна быть отражена этапность повышения МЗП до ПМ ТН с указанием отстающих отраслей; в отраслевых соглашениях необходимо указывать проблемные предприятия; в соглашениях бюджетных отраслей уделять особое внимание обязательствам органов исполнительной власти; повсеместно внедрять порядок утверждения положений об оплате труда в организациях коллективными договорами.

Успешное решение социальных вопросов, в том числе, повышение уровня заработной платы повысит авторитет системы социального партнерства, а значит, обеспечит приток желающих участвовать в переговорном процессе.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Баранов, Ю.В., Проблемы профсоюзного движения в России / Ю.В. Баранов, С.Г. Полянская // Омский научный вестник. – 2012. – № 2(106). – С. 71–73.
2. Баранов, Ю.В. Развитие социального партнерства в сфере оплаты труда на современном этапе : монография / Ю. В. Баранов, С. Г. Полянская ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2015. – 216 с.
3. Министерство труда и социального развития Омской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.omskmintrud.ru/>
4. Омское региональное объединение работодателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.omror.ru>
5. Постановление Исполкома ФНПР от 18.05.2016 № 4-5 «Об итогах коллективно-договорной кампании 2015 года и задачах на предстоящий период» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fnpr.ru/n/15/187/12686.html>
6. Профсоюзы Сибири [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fnpr-sfo.ru>
7. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Омской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://omsk.gks.ru/>
8. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/>

COLLECTIVE BARGAINING REGULATION IN THE SPHERE OF WAGES AT THE LEVEL OF THE SIBERIAN FEDERAL DISTRICT

Abstract. *this article deals with the problems of collective bargaining regulation of wages at the level of the siberian federal district. analyzed indicators in the siberian federal district and omsk region, characterizing the state of social partnership: the number of companies included in the regional employers' associations; the number of collective bargaining agreements; the number of workers covered by collective agreements. data are also given in the prescribed minimum wage for each region in relation to the cost of living of the working population. the study revealed the interdependence of containment of the minimum wage increase on the quality of the sides of the negotiation process. recommendations given for specifying the content of the tripartite agreements and collective agreements in the remuneration section.*

Keywords: *regional minimum wage, living wage, collective agreement, social partnership, triangular agreement.*

REFERENCES

1. Baranov, Y. (2012) Problems of the trade union movement in Russia in Y.V.Baranov, S.G. Polyanskaya: Omsk Scientific Bulletin, 2012, No. 2 (106), pp. 71-73.
2. Baranov, Y.V. Development of social partnership in the field of remuneration at the present stage: Monograph. Y.V.Baranov, S.G.Polyanskaya; Ministry of Education of Russia, Omsk State Technical University. Omsk: Publishing House of the Omsk State Technical University, 2015. - p. 216.
3. The Ministry of Labour and Social Development of the Omsk region (electronic resource): <http://www.omskmintrud.ru/>
4. Omsk regional association of employers (electronic resource): <http://www.omror.ru>
5. Resolution of the Board of FITUR, May 18, 2016 No. 4-5 The results of the collective contract campaign in 2015 and tasks for the forthcoming period (electronic resource): <http://fnpr.ru/n/15/187/12686.html>
6. Trade unions of Siberia (electronic resource): <http://www.fnpr-sfo.ru/>
7. The territorial body of the Federal State Statistics Service of the Omsk region (electronic resource): <http://omsk.gks.ru/>
8. Federal State Statistics Service (electronic resource): <http://www.gks.ru/>

Баранов Юрий Владимирович (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, профессор кафедры «Экономика и организация труда» ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050, г. Омск, пр. Мира 32 А, e-mail: svetlana02@mail.ru).

Полянская Светлана Геннадьевна (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, старший преподаватель кафедры «Экономика и организация труда» ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050, г. Омск, пр. Мира 32 А, e-mail: svetlana02@mail.ru).

Baranov Yuri Vladimirovich (Russian Federation, Omsk) - PhD (Economy), Senior lecturer, Department of Economics and organization of labour of The Omsk state technical University (644050, Mira, 32A prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail:yvbaranov@yandex.ru).

Polyanskaya Svetlana Gennadievna Russian Federation, Omsk) - PhD (Economy), Professor, Department of Economics and organization of labour of The Omsk state technical University (644050, Mira, 32A prospect, Omsk, Russian Federation, e-mail: svetlana02@mail.ru).

УДК 656.1

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ КАДРОВОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

*Т.В. Коновалова, С.Л. Надирян, М.В. Папазьян
Кубанский государственный тех-нологический университет, Россия, г. Краснодар*

Аннотация. *В статье рассмотрены современное кадровое обеспечения автомобильного транспорта. Основное внимание авторов акцентируется на современную концепцию управ-*

ления персоналом, позиционируется как выбор средств и методов практической реализации задач управления персоналом в целях повышения эффективности производства как условия обеспечения конкурентоспособности предприятия (в том числе и транспортного). Определяющее влияние на результативность деятельности предприятия оказывает экономический аспект в управлении персоналом. Именно с ним связано формирование численности персонала по времени, по квалификации, уровню образования и т.п. На основе проведенного исследования авторами можно сделать вывод, что транспорт – это устойчивая, динамично развивающаяся отрасль национальной экономики, важную (если не определяющую) роль в которой играют профессиональные квалифицированные кадры. Современная концепция организации производства на транспорте предполагает выделение из большого числа функциональных сфер управленческой деятельности той, которая связана с управлением кадровой составляющей производства - персоналом предприятия

Ключевые слова: автомобильный транспорт, автотранспортное предприятие, управление персоналом, кадровая политика, конкурентоспособность, прогнозирование, экономика.

ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях концепция управления персоналом позиционируется как выбор средств и методов практической реализации задач управления персоналом в целях повышения эффективности производства как условия обеспечения конкурентоспособности предприятия (в том числе и транспортного). Определяющее влияние на результативность деятельности предприятия оказывает экономический аспект в управлении персоналом. Именно с ним связано формирование численности персонала по времени, по квалификации, уровню образования и т.п. Однако все большее значение начинает приобретать социальная направленность в кадровой работе, смена акцентов в кадровой политике на учет интересов работника, повышение мотивиро-

ванности труда, как условия более высокой его результативности.

ФАКТОРЫ, НАИБОЛЕЕ СУЩЕСТВЕННО ВЛИЯЮЩИЕ НА РАЗВИТИЕ ЭКОНОМИКИ ГОСУДАРСТВА

Текущие и прогнозные экономические условия предполагают использование и новых теоретических положений. Это уход от стихийности в решении кадровых вопросов в направлении комплексного подхода к формированию трудового коллектива. Эта тенденция прослеживается не только в крупных транспортных предприятиях, но и в малых, а так же в предприятиях нетранспортных отраслей экономики, имеющих на балансе транспортные средства и выполняющих транспортную работу. В связи с этим возрастает роль кадрового планирова-

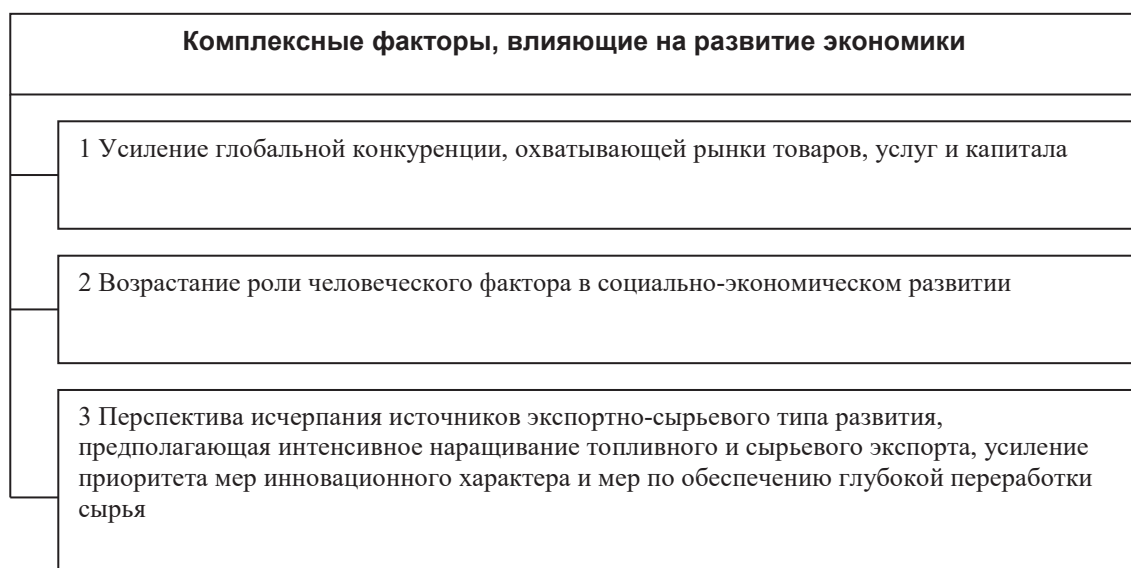


Рис. 1. Факторы, наиболее существенно влияющие на развитие экономики государства

Направления научно-технической политики транспортной отрасли по инновационному варианту	
	Стимулирование разработки и внедрения инновационных технологий строительства и эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры
	Создание эффективных моделей и систем прогнозирования и транспортного планирования на основе транспортно-экономического баланса
	Стимулирование разработки и внедрения инновационных транспортно-логистических технологий, технических средств и систем, обеспечивающих повышение доступности и качества грузовых и пассажирских перевозок
	Стимулирование разработки и внедрения инновационных интеллектуальных транспортных систем, обеспечивающих эффективное управление транспортными потоками и транспортными средствами, а также повышение качества транспортных услуг
	Развитие научных исследований в области повышения безопасности транспортной системы
	Реализация фундаментальных и прикладных научных исследований в области снижения негативного воздействия транспорта на окружающую среду и повышения энергоэффективности транспорта
	Сохранение и развитие отраслевых научных школ, а также кадрового потенциала транспортной отрасли, развитие отраслевой системы подготовки и переподготовки кадров, в том числе в области безопасности и экологии

Рис. 2. Направления развития науки, инновационных технологий и системы подготовки кадров по инновационному сценарному варианту развития транспортной системы

ния, особенно процесса профессионального развития персонала. Управление персоналом должно базироваться на объективно присущих эффективному управлению производством методиках [1,2]. Вместе с тем управление персоналом имеет свою специфику, свой объект и субъект управления, свою технологию, что предполагает необходимость их учета при создании методик управления персоналом.

В настоящее время перед российской экономикой стоит ряд системных проблем, характер и качество которых определяются сочетанием 3 фундаментальных факторов (рисунок 1).

Рассмотрим подробнее второй фактор. Уровень конкурентоспособности отраслей современной инновационной экономики, в том числе и транспорта, все в большей мере определяется качеством профессиональных кадров. При повышении доступности и качества транспортных услуг для населения, необходимо обеспечивать рост производительности труда и улучшать использование трудовых

ресурсов в транспортном комплексе, которые являются важнейшими факторами снижения транспортных издержек и повышения конкурентоспособности транспорта в целом.

Транспортные предприятия достаточно оперативно адаптируются к современным условиям хозяйствования, однако в транспортной отрасли усиливается дефицит квалифицированных профессиональных кадров.

Сценарные варианты развития транспортной системы России на период до 2030 года разработаны в 2 вариантах - базовом и инновационном. Базовый вариант практически не рассматривает вопросы внедрения инновационных методов управления персоналом. Инновационный вариант развития транспортной системы предполагает значительно более сложную модель управления развитием транспорта и для государства, и для бизнеса. Он связан с инвестированием в высокотехнологичные проекты[3,4]. Однако

Обеспечение потребности в специалистах с уровнем профессиональной подготовки, отвечающим требованиям безопасности и устойчивости транспортной системы
Развитие материально-технической базы для подготовки квалифицированных кадров в соответствии с международными стандартами, отвечающими требованиям безопасности и устойчивости транспортной системы
Разработка программ строительства социальной инфраструктуры для снижения оттока высококвалифицированных работников и поддержки молодых специалистов
Совершенствование подготовки и контроля пилотов и авиаспециалистов с учетом рассмотрения возможности сокращения сроков обучения при сохранении качества и профессиональной подготовки
Поддержка и поощрение организаций и предприятий, реализующих практику привлечения в отрасль молодых кадров
Реализация комплекса мер по повышению престижа транспортных профессий

Рис. 3. Комплекс мер, направленных на решение задачи обеспечения потребности в специалистах с уровнем профессиональной подготовки, отвечающим требованиям безопасности и устойчивости транспортной системы

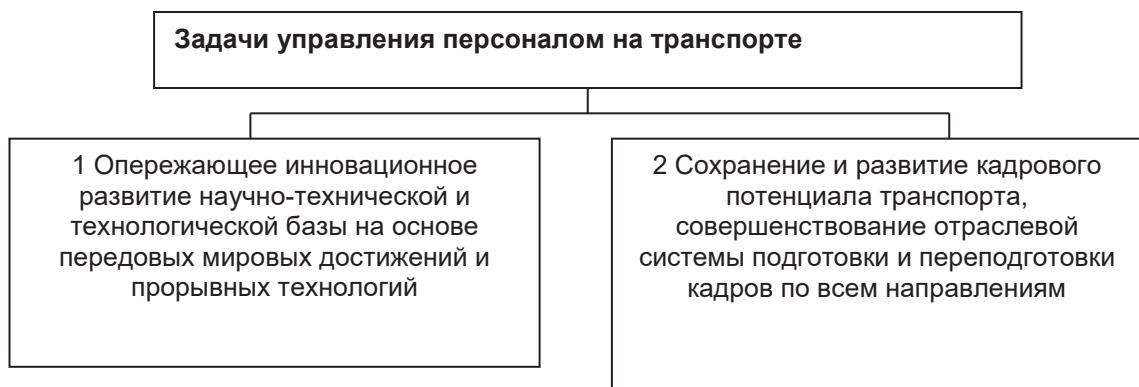


Рис. 4. Задачи управления персоналом, обеспечивающие реализацию стратегических целей развития транспорта

основные препятствия вызваны не проблемами недостаточной доходности, а дефицитом конкурентоспособных по мировым критериям профессиональных кадров как на уровне профессиональных объединений, так и на уровне государственного управления, а также неэффективностью механизмов координации взаимодействия.

Научно-техническая политика транспортной отрасли предполагает развитие науки, инновационных технологий и системы подготовки кадров по многим направлениям (рисунок 2).

ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ НА ТРАНСПОРТЕ

Решение задачи обеспечения потребности в специалистах с уровнем профессиональной подготовки, отвечающим требованиям безопасности и устойчивости транспортной системы, предусматривает реализацию комплекса мер (рисунок 3).

Решение этой задачи (рисунок 3) позволит организовать подготовку кадров для транспортной отрасли в необходимом объеме и не-

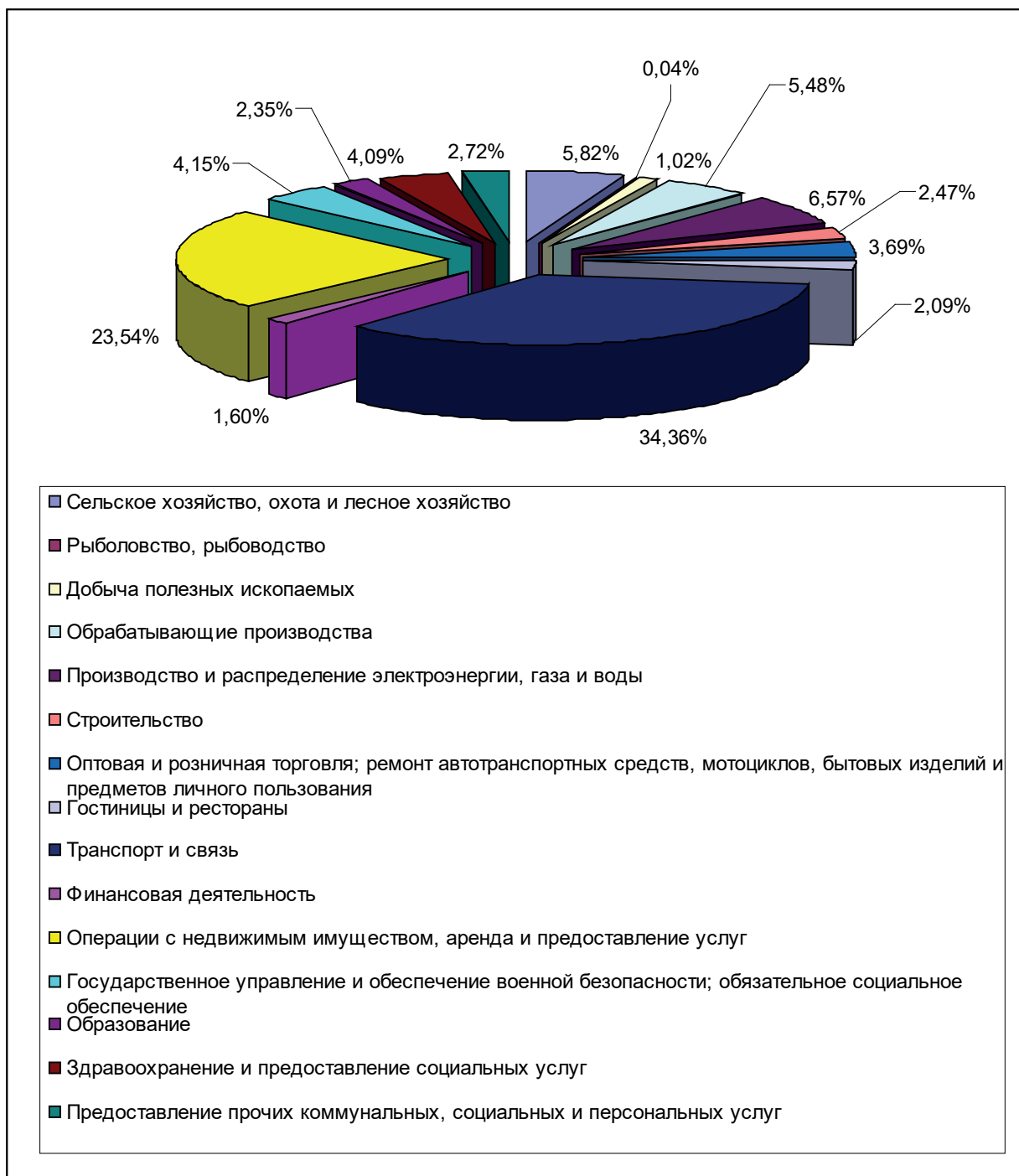


Рис. 6. Распределение основных фондов по видам экономической деятельности

учных кадров высшей квалификации в транспортной отрасли;

- развитие обеспечения трудовыми ресурсами в области проектирования транспортно-логистических систем;
- развитие обеспечения профессиональными кадрами в области эксплуатации транспортной инфраструктуры и транспортных средств;

- развитие обеспечения профессиональными кадрами в области транспортно-логистических услуг и транспортно-экспедиционной деятельности;
- развитие кадрового, технического и технологического потенциала в сфере государственного автодорожного надзора.

Современное состояние кадрового обеспечения автомобильного транспорта

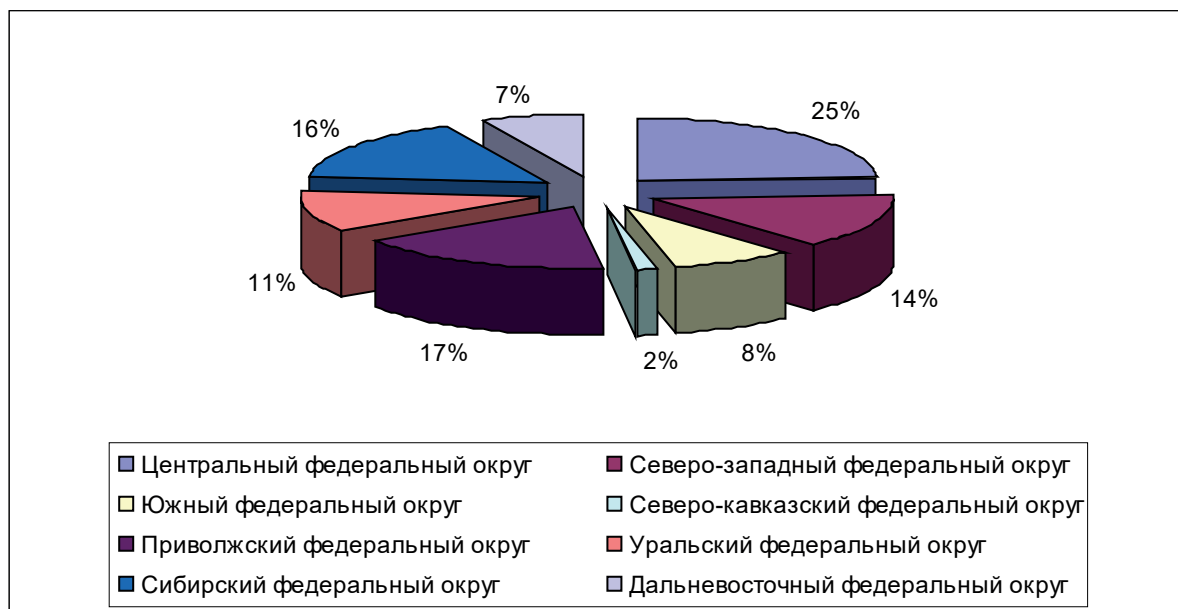


Рисунок 7 – Распределение среднесписочной численности работников транспорта по федеральным округам РФ

Для решения поставленных задач необходимо предварительно оценить современное состояние кадрового обеспечения автомобильного транспорта. Проанализируем кадровое обеспечение транспорта в сравнении с другими отраслями экономики, а также по видам транспорта внутри отрасли. На рисунке 5 представлено распределение предприятий и организаций РФ по видам экономической деятельности (по состоянию на 01.01.2017 г. [5]).

На долю транспорта приходится 5,18 % от общего количества всех предприятий и организаций, однако данная количественная оценка не дает полного представления о вкладе транспорта в национальную экономику. Рассмотрим распределение основных фондов предприятий по видам экономической деятельности (рисунок 6).

На долю транспорта приходится 29,42 % всех основных фондов экономики. Учитывая данные, представленные на рисунке 5, можно сделать вывод, что предприятия транспорта характеризуются достаточно высокой фондоемкостью по сравнению с другими отраслями национальной экономики. Высокая стоимость основных фондов на транспорте предполагает также и высокую фондовооруженность труда, которую невозможно оценить без данных о численности работников [1,4]. По данным Росстата Среднесписочная численность работников крупных и средних организаций транспортного комплекса (без внешних совместителей) за последние два года в целом по транспортному комплексу снизилась на 1,8 %. На грузо-

вом автомобильном транспорте численность работников за тот же период не изменилась, а на пассажирском увеличилась на 3,2 %, при этом на автобусном пассажирском транспорте снизилась на 4,5 %. Самое существенное увеличение численности работников (8,7 %) произошло в сфере перевозок легковыми автомобилями такси.

Наблюдается территориальная неравномерность среднесписочной численности работников на транспорте (рисунок 7). Это можно объяснить как численностью населения и уровнем автомобилизации в этих округах, так и уровнем их экономического развития. При этом важное значение имеет наличие и интенсивность использования в регионах опорной транспортной сети (международных транспортных коридоров).

Важным фактором, определяющим современное состояние кадрового обеспечения автомобильного транспорта является заработная плата. Это не только экономический индикатор, но и социальный показатель, позволяющий делать выводы об эффективности работы транспорта в целом. Среднемесячная заработная плата по транспортному комплексу составляла в 2016 году 41383,7 рублей. При этом минимальное значение наблюдалось в деятельности трамвайного транспорта (24690,3 рублей), а максимальное – на воздушном транспорте (91478,1 рублей). Среднемесячная заработная плата на автомобильном транспорте составила 33648,2 рублей.

В последние годы происходят существен-

ные изменения в системе управления кадровым обеспечением на автомобильном транспорте. С июня 2016 года ряд должностей инженерно-технических специальностей у перевозчиков могут занимать только специалисты, имеющие профессиональное транспортное образование [6]. При этом ужесточается ответственность за неисполнение квалификационных требований, предъявляемых к работникам автотранспортных предприятий: осуществление перевозок с нарушением профессиональных и квалификационных требований, предъявляемых к работникам, влечет наложение административного штрафа на должностных лиц в размере 20000 рублей; на юридических лиц — 100000 рублей, а лица, осуществляющие предпринимательскую деятельность без образования юридического лица, несут административную ответственность как юридические лица. Также коренные изменения наметились в сфере оценки профессиональной компетентности работников автомобильного транспорта [7].

ВЫВОДЫ

Все вышеперечисленное позволяет сделать вывод, что транспорт – это устойчивая, динамично развивающаяся отрасль национальной экономики, важную (если не определяющую) роль в которой играют профессиональные квалифицированные кадры. Современная концепция организации производства на транспорте предполагает выделение из большого числа функциональных сфер управленческой деятельности той, которая связана с управлением кадровой составляющей производства – персоналом предприятия. На каждом автотранспортном предприятии возникает необхо-

димость в определении численности персонала, в эффективной системе подбора, найма и расстановки кадров, в обеспечении их занятости с учетом интересов предприятия и самого работника, в системе трудовой мотивации и т.п.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Методы организации процесса профессионального развития персонала на железнодорожном транспорте. Федоров Г.В. диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Москва, 2005. - 135 с.

2. Методические основы формирования инновационного потенциала кадров для эффективного управления морской транспортной отраслью России. Митрофанова Н.В. Вопросы управления. 2015. № 5 (17). - 235 с. С. 198-205.

3 Методические основы оценки эффективности системы управления безопасностью движения на автотранспортных предприятиях. Коновалова Т.В., Надирян С.Л. Краснодар, 2015. - 183 с. С.118-128.

4 Организационно-производственные структуры транспорта. Коновалова Т.В., Котенкова И.Н. Краснодар, 2014. - 263 с. С. 163-189.

5 Распоряжение Правительства РФ от 22.11.2008 N 1734-р (ред. от 11.06.2014) «О Транспортной стратегии Российской Федерации»

6 Приказ Минтранса России от 28.09.2015 N 287 «Об утверждении Профессиональных и квалификационных требований к работникам юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих перевозки автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом» (Зарегистрировано в Минюсте России 09.12.2015 N 40032)

7 Федеральный закон от 03.07.2016 N 238-ФЗ «О независимой оценке квалификации»

THE MODERN STATE OF STAFFING OF THE ROAD TRANSPORT

Annotation. *The article reviews the current staffing of the road transport. The main attention of the authors focuses on the modern concept of personnel management, is positioned as the choice of means and methods of practical implementation of the tasks of personnel management in order to improve the efficiency of production as the conditions of competitiveness of the enterprise (including transport). Decisive influence on the performance of the enterprise is having economic aspect in personnel management. Is associated with the formation of a number of staff at the time of qualification, level of education, etc. On the basis of the study by the authors it can be concluded that transport is a stable, dynamically developing industry of national economy, an important (if not decisive) role in which is played by professional qualified personnel. The modern concept of organization of production on transport assumes the allocation of a large number of functional spheres of management activities the one, which is associated with the office personnel production personnel of the enterprise.*

Keywords: *road transport, transportation company, personnel management, personnel policy, competitiveness, forecasting, Economics.*

REFERENCES

1 Methods of organizing the process of professional development of personnel in the railway transport. Fedorov G. V. dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical Sciences, Moscow, 2005. - 135 p.

2. Methodical bases of formation of innovative potential of personnel for effective management of the marine transport industry of Russia. Mitrofanova N. In. Management issues. 2015. № 5 (17). - 235 S. S. 198-205.

3. Methodological framework for the assessment of the effectiveness of the management system of safety on transport companies. Konovalova T. V., Nadiryayn S. L. Krasnodar, 2015. - 183 S. S. 118-128.

4 Organizational-production structure of transport. Konovalova T. V., Kotenkova I. N. Krasnodar, 2014. - 263 S. S. 163-189.

5 The order of the Government of the Russian Federation from 22.11.2008 N 1734-R (edition of 11.06.2014) "About Transport strategy of the Russian Federation".

6 Order of Ministry of transport of Russia from 28.09.2015 N 287 "About approval of the Professional and qualification requirements for employees of legal entities and individual entrepreneurs engaged in road transport and urban ground electric transport" (Registered in Ministry of justice of Russia 09.12.2015 N 40032).

7 Federal law of 03.07.2016 N 238-FZ "About the independent skills assessment".

Коновалова Татьяна Вячеславовна – канд. экон. наук, доцент, заведующий, доцент кафедры Организации перевозок и дорожного движения Кубанский государственный технологический университет. Направления научных

исследований: организация и безопасность движения; транспорт, экономика, логистика, общее количество публикаций 120 статья, e-mail: tan_kon@mail.ru

Надирян София Леоновна - ассистент кафедры «Организации перевозок и дорожного движения» Кубанский государственный технологический университет. Направления научных исследований: транспорт, экономика, логистика, общее количество публикаций 100 статей, e-mail:sofi008008@yandex.ru

Папазьян Марина Вагимовна – магистрант кафедры «Организации перевозок и дорожного движения» Кубанский государственный технологический университет. Направления научных исследований: транспорт, экономика, логистика, общее количество публикаций 4 статьи.

Konovalova Tatyana Vyacheslavovna – candidate. Ekon. Sciences, associate Professor, head, associate Professor of transportation and traffic Kuban state technological University. Directions of scientific researches: organization and traffic safety; transport, Economics, logistics, total number of publications 120 article, e-mail: tan_kon@mail.ru

Nadiryayn Sofia I - assistant of the Department "Organization of transportation and road traffic" of Kuban state technological University. Areas of research: transport, Economics, logistics, total number of publications 100 articles, e-mail:sofi008008@yandex.ru

Papazian Marina Fagimovna – graduate student of Department "Organization of transportation and road traffic" of Kuban state technological University. Areas of research: transport, Economics, logistics, total number of publications 4 articles.

.....

УДК 656.072; 338.47

ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА В СФЕРЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА г. ОМСКА

*Е.Б. Лерман, С.А. Теслова
ФГБОУ ВО «СибАДИ», Россия, г. Омск*

Аннотация. Рассматривается понятие государственно-частного партнерства, формы его реализации. Изучены законодательные акты, регулирующие деятельность государственно-частных партнерств, а также особенности российского и зарубежного опыта их применения. Представлен анализ статистических показателей, а также ситуации в сфере городского

го общественного транспорта города Омска, на основе которого выявлена необходимость и исследуется возможность применения механизмов государственно-частного партнерства с учетом специфики регионального рынка.

Ключевые слова. Государственно-частное партнерство, концессия, городской общественный транспорт.

ВВЕДЕНИЕ

Современные условия диктуют необходимость поиска новых и эффективных способов хозяйствования в рыночной среде. Рост издержек, политические события, изменения в законодательстве и прочие факторы ставят под угрозу функционирование многих предприятий во всех отраслях экономики. Одним из способов развития и поддержания функционирования предприятий инфраструктуры являются формы государственно-частного партнерства (ГЧП), распространение которых принимает все большие масштабы.

ПОНЯТИЕ И СПЕЦИФИКА РЕАЛИЗАЦИИ ГЧП В СФЕРЕ ГОРОДСКОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА

ГЧП является одним из способов развития инфраструктуры, основанный на взаимодействии государства и частных сторон, при этом последние участвуют не только в создании (проектировании, финансировании, реконструкции), но и в последующей эксплуатации или техническом обслуживании объекта в интересах государства.

Федеральным законом о ГЧП данное понятие определяется как юридически оформленное на определенный срок и основанное на объединении ресурсов, распределении рисков сотрудничество публичного партнера, с одной стороны, и частного партнера, с другой стороны, которое осуществляется на основании соглашения о государственно-частном партнерстве, соглашения о муниципально-частном партнерстве, заключенных в соответствии с настоящим Федеральным законом в целях привлечения в экономику частных инвестиций, обеспечения органами государственной власти и органами местного самоуправления доступности товаров, работ, услуг и повышения их качества [1, 2].

Обязательными признаками ГЧП признаются:

- долгосрочный характер партнерства (более 3 лет) – обусловлен необходимостью возврата вложенных частных инвестиций. При этом долгосрочный характер ГЧП является

причиной повышения сложности договорных отношений, а также высокой стоимости работ, предшествующих заключению договора;

- распределение рисков и ответственности между сторонами партнерства. Под рисками в ГЧП подразумевается изменение доходов и издержек, связанных с проектом;

- полное или частичное финансирование проекта частным партнером. Основным отличием ГЧП от государственного заказа является обязательное финансирование проекта частным партнером, при этом публичная сторона (государство) вправе компенсировать часть понесенных затрат, а также осуществлять полное или частичное финансирование затрат, связанных с эксплуатацией и техническим обслуживанием объекта соглашения. [2]

ГЧП может реализоваться посредством различных форм, описание которых представлено в Федеральных законах 224-ФЗ и 115-ФЗ (рис. 1). Преимущества ГЧП специалисты определяют как для частной, так и для публичной стороны. [1, 3]

Для государственного сектора положительными моментами являются: во-первых, привлечение денежных средств в условиях значительного дефицита бюджета, во-вторых, возможность объединения в рамках проекта этапов строительства, проектирования, эксплуатации, что в свою очередь повышает качество работ и снижает риски, связанные с завышением стоимости. В-третьих, в рамках ГЧП приобретает не сам объект, а услуга с соответствующими денежными потоками, привязанными к объемам и качеству (например, оказание услуг по внутригородской перевозке пассажиров).

Частные же инвесторы имеют возможность переложить часть рисков на государство за счет гарантии возврата вложений и других обязательств, а также обеспечить рост выручки за счет оказания дополнительных услуг или снижения затрат.

Статистика реализации ГЧП в России следующая. В 2016 году зафиксировано около 1300 проектов, причем за два предшествующих периода их количество выросло в 10 раз, что прежде всего связано с тем, что развивается законодательство в области ГЧП, а

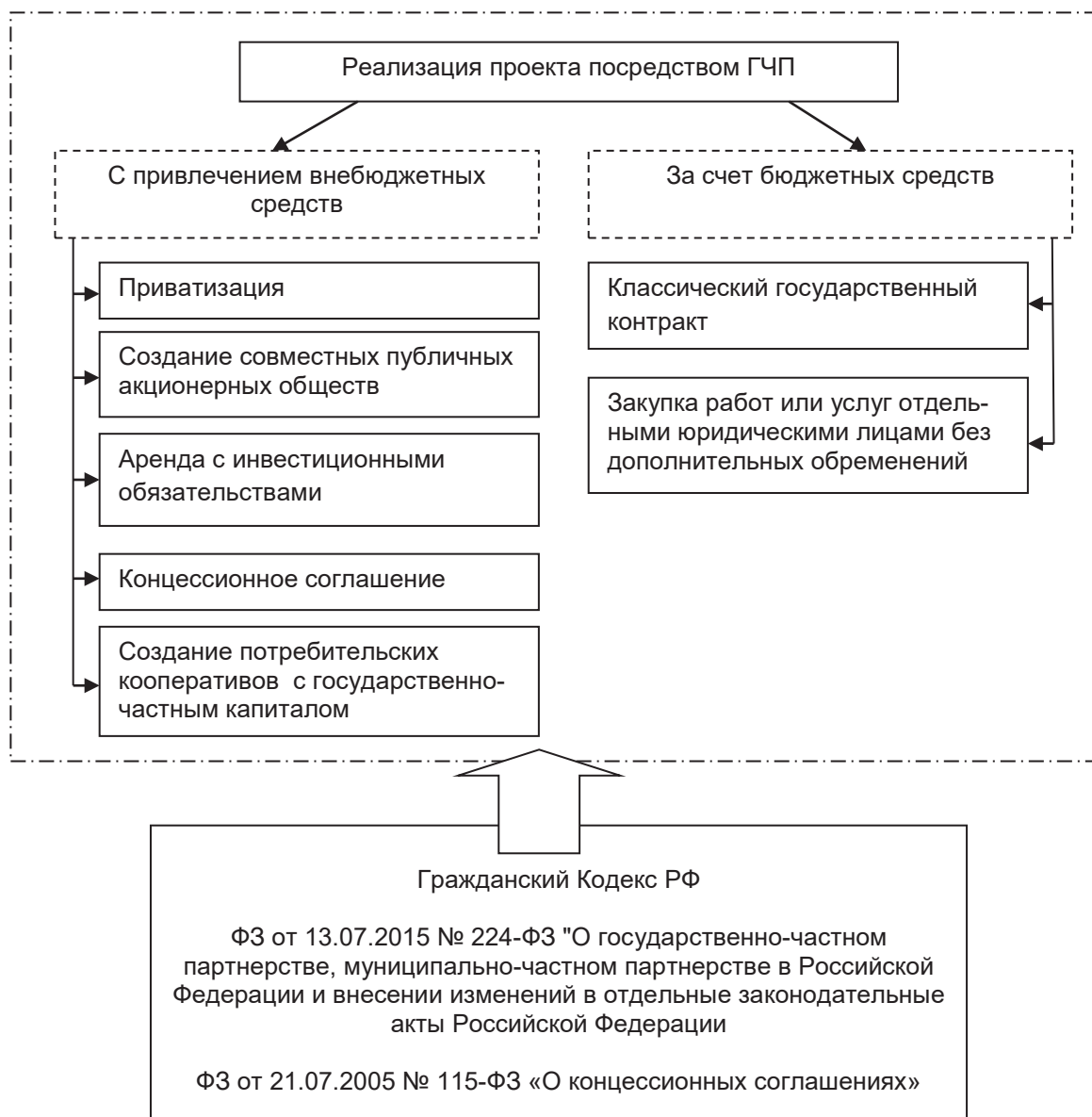


Рис. 1. Формы взаимодействия государства и бизнеса

также растет заинтересованность сторон в заключении таких договоров. Наибольшая часть партнерств формируется в сфере энергетики (39%), а также в сфере коммунального обслуживания (37%), на транспорт приходится всего 7,4%, в частности имеется лишь 1 проект, связанный с транспортом общего пользования [4].

Средний показатель по уровню развития ГЧП в России в 2016 году составил 24,4%, что на 5% ниже запланированного уровня, в связи с тем, что несмотря на рост общего числа проектов, часть их остается нереализованными. Необходимо отметить, что Омская область находится на 59 месте в рейтинге регионов по развитию ГЧП. [6] На территории области в настоящее время на разной стадии реализации

находятся 18 инфраструктурных проектов, осуществление 11 из которых предусматривает применение механизмов ГЧП. С их помощью в области предпринималась попытка реализовать ряд крупных инфраструктурных проектов, таких как «Строительство международного аэропорта «Омск-Федоровка», «Строительство метрополитена», «Создание промышленно-аграрного регионального кластера», «Создание комплекса по добыче и переработке сапропеля» и другие. Однако, проекты являются неперспективными по ряду причин, таких как:

- ограниченность финансовых ресурсов;
- отсутствие диалога между представителями власти и бизнеса, наличие разногласий;

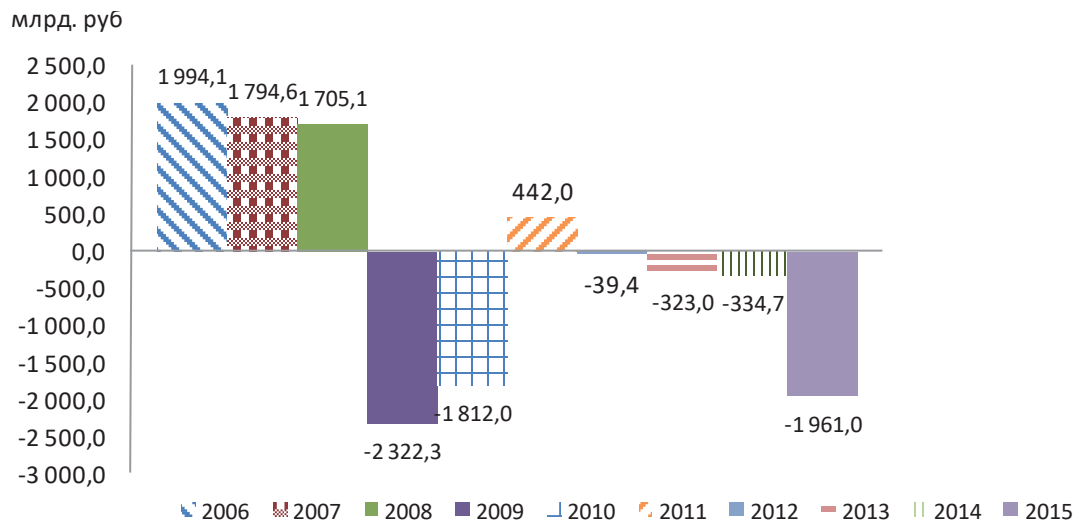


Рис. 2. Краткая информация об исполнении федерального бюджета (дефицит (-) / профицит (+))

- наличие административных барьеров, связанных с разрешительной и технической документацией;

- отсутствие четкого разграничения полномочий между органами власти и, как следствие, несогласованность действий;

- общее снижение темпов роста российской экономики и, как следствие, потеря интереса к долгосрочным инвестициям вследствие значительного дефицита бюджетных средств (рис. 2).

Ещё одним из факторов, определяющих необходимость развития ГЧП, является уровень износа основных фондов (табл. 1). Россия находится на 101 месте среди стран мира по техническому состоянию объектов инфраструктуры, при этом по оценке специалистов средневзвешенный износ основных инфраструктурных фондов в промышленности на сегодняшний день превышает 70%. [5]

В 2015 г. объем инвестиций приходящийся на основные фонды предприятий добывающей промышленности составил 17,1%, а объем инвестиций в модернизацию объектов социальной инфраструктуры – не более 3%. Развитие инфраструктуры необходимо для стимулирования экономического роста. По расчетам Всемирного Банка 10% увеличение финансовых вложений в инфраструктуру обеспечивает 1% рост экономики [6].

В сложившихся экономических и политических условиях бизнес не заинтересован идти в общественные инфраструктурные проекты на чисто рыночных условиях. Наибольшее снижение инвестиционной привлекательности наблюдается в социальной и коммунальной сферах. ГЧП в данной ситуации может рассматриваться, с одной стороны, как механизм

для привлечения дополнительных ресурсов в общественную инфраструктуру, с другой – как инструмент стимулирования экономической активности.

Транспортные проекты в России (включая и Омскую Область), на данный момент безуспешные, охватывают лишь строительство и реконструкцию аэропортов, автодорог, железнодорожных линий, транспортно-логистических комплексов, перегрузочных терминалов. При этом отсутствует практика применения механизмов ГЧП в сфере общественных пассажирских перевозок в Сибирском федеральном округе [6] несмотря на высокую оценку потенциала развития ГЧП в данной отрасли.

В сфере общественного транспорта за рубежом активно используются концессионные договоры, которые позволяют объединять усилия транспортной организации и частного капитала.

Концессия является наиболее распространенной формой ГЧП, условия заключения которой закреплены в соответствующем федеральном законе. Согласно концессионному соглашению создается или подвергается реконструкции имущество (движимое или недвижимое), на которое впоследствии будет сохраняться право собственности за публичной стороной. При этом частная сторона получает на определенный срок право владения и пользования указанным имуществом. [3] Концессия также носит долгосрочный характер и предусматривает наличие государственных гарантий и так называемых концессионных платежей, представляющих собой плату за пользование имуществом от частной стороны, и субсидий от публичной.

Таблица 1

Основные фонды и степень износа основных фондов организаций транспорта по субъектам Российской Федерации¹⁾ (на конец года)

Регион	Основные фонды (по полной учетной стоимости), млрд. руб.					Степень износа основных фондов, %				
	2010	2012	2013	2014	2015	2010	2012	2013	2014	2015
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Российская Федерация	8633,2	11123,9	12056,0	13853,5	14660,5	32,9	36,0	37,1	39,6	41,1
Центральный федеральный округ	2578,4	2848,9	3069,2	3334,8	3405,9	24,4	29,8	31,1	32,7	33,0
Москва	1728,9	1798,5	1929,4	2050,6	2064,2	15,1	20,7	22,1	23,4	22,3
Уральский федеральный округ	864,8	1217,5	1316,8	1456,3	1608,3	44,4	42,7	46,1	45,8	47,2
Сибирский федеральный округ	1387,1	1742,5	1558,9	1747,3	1744,8	28,6	33,7	39,0	40,0	42,2
Республика Алтай	0,4	0,3	0,5	0,6	0,6	65,3	61,7	44,8	41,2	43,2
Иркутская область	512,6	638,0	368,0	390,3	404,0	15,6	24,2	34,8	38,2	42,3
Новосибирская область	131,7	164,7	198,9	193,4	149,5	36,3	41,8	33,5	36,6	42,2
Омская область	56,9	73,2	79,1	118,2	117,6	36,9	44,0	44,3	37,2	40,4
Томская область	100,7	137,9	146,7	167,4	175,3	63,0	63,5	63,5	63,4	64,5

1) По коммерческим организациям, без субъектов малого предпринимательства

Согласно статистике в 2014-2015 гг наблюдался рост количества концессий более чем в 5 раз, что специалисты связывают с повышением качества информации, предоставляемой субъектами Российской Федерации, а также требованием публичного предоставления информации о заключенных соглашениях на сайте torgi.gov.ru. [4]

Наибольшая доля концессионных соглашений заключается в сфере коммунального хозяйства (41,3%), а также в энергетической отрасли (34,2%). На долю транспорта приходится всего лишь 9,4%, и в значительной мере это касается только строительства и реконструкции автомобильных дорог и других участков транспортных сетей (платные дорожные проекты, предусматривающие взимание платы за проезд по определенным участкам автомобильных дорог).

Концессия является достаточно развитой схемой сотрудничества в области общественного транспорта. Например, в Дании и Швеции около одной трети автобусных перевозок выполняется при финансовом участии международного капитала, а также производителей транспорт-

ных средств и топлива. При этом банковские структуры помимо получения льгот по налогообложению становятся финансовыми агентами местных администраций при строительстве улично-дорожной сети, приобретении автобусов, участии в их эксплуатации посредством создания открытых акционерных обществ и смешанных концессий, обеспечивающих функционирование всей транспортной системы. В Дании публичные муниципальные фирмы создаются как по видам транспорта, так и по отдельным маршрутами даже по видам автобусов.

В Аргентине в этой сфере преобладают открытые акционерные общества с участием государства, причем частная сторона имеет право приватизировать отдельные линии и маршруты. Концессия заключается на срок 10-15 лет, государство предоставляет субсидии для компенсации оплаты некоторым группам населения в целях поддержания более низкого уровня цен.

В США участие государства в ГЧП составляет 25-35%, это, прежде всего предоставление дорог, по которым организуются маршруты и линии.

Также за рубежом развита система обслуживания отдельных категорий пассажиров в рамках ГЧП. Например, в Лондоне 76% автобусных перевозок осуществляется на контрактной основе, более 1 млн. пенсионеров имеют право на бесплатный проезд с 9 часов утра. В Стокгольме порядка 200 микроавтобусов обслуживают исключительно лиц пожилого возраста и инвалидов, такой пример характерен также для некоторых городов США, Франции, Германии, Канады. [7]

Стоит отметить необходимость дальнейшего развития и совершенствования системы конкурсного выбора частных перевозчиков для оказания услуг общественного транспорта, который должен способствовать снижению себестоимости за счет максимально эффективного использования ресурсов, в частности: ликвидации избыточных рабочих мест, списания устаревшего подвижного состава (о необходимости решения данного вопроса в России и особенно в Омской области свидетельствуют данные статистики, представленные в табл. 2), продажи незадействованной техники и оборудования, развития собственной коммерческой деятельности и т.д. Кроме того, целесообразно учитывать и зарубежный опыт конкурсного распределения заказов, который позволяет сокращать дотации бюджета на покрытие убытков городского общественного транспорта, а также в некоторой степени повысить уровень контроля за деятельностью транспортных организаций и качество обслуживания населения. [8]

Экономически обоснованный тариф на пассажирские перевозки транспортом общего пользования включает инвестиционную составляющую для обеспечения возможности обновления подвижного состава с учетом изменения рыночной стоимости транспортных средств. Однако, исходя из социальной значимости городского общественного транспорта, муниципальные власти должны обеспечить равную доступность пассажирских перевозок для всех слоев населения. Поэтому устанавли-

ваемый тариф зачастую ниже не только экономически обоснованного тарифа, но и ниже себестоимости услуг по перевозке пассажиров. В условиях дефицита бюджетов всех уровней дотации пассажирским предприятиям поступают несвоевременно и не в полном объеме. [9]

В Департаменте транспорта г. Омска отмечают, что в бюджете на 2017 год на компенсацию разницы установленного тарифа и себестоимости проезда заложено 251 млн. руб. при потребности в 700-900 млн. с учетом затрат на приобретение новой техники, при этом транспортники настаивают на установлении экономически обоснованного тарифа в размере 35-42 руб. В РЭК предлагают сохранить плату за проезд в размере 22 руб., но при этом индексировать тариф для пассажирских предприятий до 35-37 руб. и изыскивать средства на компенсацию разницы в городском и областном бюджетах (а это порядка 700-900 млн. руб. в каждом), подвижной состав предполагается обновлять с помощью схем лизинга. [10] Данные действия планируются на фоне общего снижения, как объема перевозок пассажиров, так и пассажирооборота на 31% в 2015 году по сравнению с 2016. [11]

В такой ситуации заключение концессионных договоров позволит объединять усилия транспортных публичных организаций и частного капитала, что является важной экономической и политической задачей, поскольку позволяет перевозчикам получать прибыль, а местным органам власти – сокращать расходы бюджета, увеличивать налоговые поступления в бюджет, обеспечивать потребности населения в транспортных услугах, поддерживать экологические стандарты, не теряя при этом сущности и назначения муниципального пассажирского транспорта в силу сохранения прав собственности на имущество за публичной стороной.

Тем не менее наблюдается недостаточный интерес властей к сотрудничеству с частными предприятиями, либо такое сотрудничество имеет место быть, но порождает множество

Таблица 2

Возрастная структура парка автобусов г. Омска, %

Показатель	2000	2005	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
До 2 лет	8,5	25,5	10,7	7,5	6,4	18,0	8,8	18,1	19,8	10,1
2,1 – 5 лет	42,6	18,5	30,5	36,3	30,5					
5,1 – 8 лет		6,2	16,7	16,2	24,8	35,7	39,1	38,3	34,4	40,4
8,1 -10 лет	19,9	23,7	3,4	3,8	4,8					
10,1 -13 лет	16,1	15,8	25,9	24,1	12,4	46,3	52,1	43,6	45,8	49,5
Более 13 лет	12,9	10,3	12,8	13,0	21,1					

вопросов. К примеру, несовершенна система распределения маршрутов для муниципальных и частных перевозчиков. Практика показывает, что муниципальный транспорт обслуживает в своем большинстве убыточные направления, тогда как частные операторы – более доходные, и при этом имеют возможность дополнительно получать субсидии из бюджета. Причем частник имеет право отказаться от невыгодного для него маршрута, а муниципальные предприятия – нет. Данный вопрос требует решения, как и выбор подвижного состава по вместимости для обслуживания тех или иных направлений. Также нуждается в обосновании запланированное в 2017 году Департаментом транспорта г. Омска значительное сокращение количества маршрутов (а это порядка 500 машин), поскольку пассажирский транспорт является, прежде всего, социально значимой инфраструктурной отраслью. [12]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Система функционирования городского пассажирского транспорта должна быть построена таким образом, чтобы обеспечить конкурентные условия для функционирования как частного, так и публичного сектора. Для этого Департаментом транспорта администрации г. Омска предпринимаются попытки ограничить деятельность нелегитимных перевозчиков, сохранению которой способствует несовершенство законодательных актов. Принятый в 2015 году Федеральный закон № 220-ФЗ от 13.07.2015, регулирующий деятельность общественного транспорта и обеспечивающий качественное обслуживание населения также содержит определенные недоработки. Например, не установлен размер взысканий за отказ транспортного оператора от маршрута и уход с рынка, в то время как власти вынуждены искать нового перевозчика в кратчайшие сроки. [13] В связи с этим необходимо совершенствовать механизм взаимодействия публичной и частной сторон, приводя в соответствие нормативно-правовые базы на федеральном и региональном уровнях, создавая типовые схемы с четкими условиями, для контроля за выполнением которых в регионах рекомендуется создавать специальные уполномоченные органы, выполняющие также учетные и совещательно-консультационные функции. В частности требуется совершенствование концессионного законодательства, как основной формы ГЧП, применяемой в сфере общественных пассажирских перевозок, исходя из мирового опыта. Необходимо принятие

подзаконных актов и внесение изменений в концессионное законодательство для расширения практики и повышения эффективности использования концессий.

Ещё одним направлением развития является расширение и развитие механизмов финансирования ГЧП для стимулирования роста количества и финансовой эффективности проектов. Совершенствование механизмов субсидирования региональных и муниципальных проектов из федерального бюджета и регионального бюджета соответственно. Формирование механизма стимулирующего регионы и муниципальные образования использовать механизмы ГЧП для создания объектов инфраструктуры, а не прямое бюджетное финансирование. В качестве стимулирующих методов для входа на рынок частных инвесторов можно предложить льготное налогообложение имущества (на период действия договоров), льготы по транспортному и налогу на прибыль (в размере, отчисляемом в местный бюджет), а также предоставление скидок при получении займов, методической и организационной помощи.

Стимулированию рынка частных операторов и развитию конкуренции в сфере государственно-частного партнерства будет способствовать совершенствование системы тарифного регулирования и подушевого финансирования в области общественных пассажирских перевозок для повышения экономической привлекательности данной отрасли для частного бизнеса.

С точки зрения представителей органов власти Омской области, для развития ГЧП на федеральном уровне необходимо выработать единую политику в данной сфере и разработать типовые программы реализации проектов ГЧП с учетом региональной специфики. Помимо этого, существует необходимость в обеспечении дальнейшего совершенствования институтов развития и повышении уровня правовой и экономической подготовки руководителей и специалистов органов исполнительной власти, принимающих участие в реализации проектов ГЧП.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О государственно-частном партнерстве, муниципально-частном партнерстве в Российской Федерации и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 13.07.2015 № 224-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182660, свободный.

– Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу: 18.11.2016).

2. Закон о государственно-частном партнерстве: руководство по применению [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://pppcenter.ru/> , свободный. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу: 15.11.2016)

3. О концессионных соглашениях: Федеральный закон от 21.07.2005 № 115-ФЗ (ред. от 28.06.2014) [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=191680#0>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу : 23.11.16)

4. Практика применения концессионных соглашений для развития региональной инфраструктуры в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://pppcenter.ru/> , свободный. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу: 15.11.2016).

5. Износ основных средств в России достиг критического уровня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://torgprominfo.com/news/iznos-osnovnyx-sredstv-proizvodstva-v-rossii-dostig-kriticheskogo-urovnya/>, свободный. – Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу 5.03.2017)

6. Исследование «Развитие государственно-частного партнерства в России в 2015–2016 годах. Рейтинг регионов по уровню развития ГЧП» / Ассоциация «Центр развития ГЧП», Министерство экономического развития Российской Федерации. – М.: Ассоциация «Центр развития ГЧП», 2016. – 36 с.

7. Алексеева, С. Общественный транспорт: и волки целы, и овцы сыты / С. Алексеева // Автоперевозчик, 2010. – Вып. 3(114). – С. 32-38

8. Автотранспортные предприятия в конкурентной среде: факторы и механизмы развития [Электронный ресурс] : монография / В.В. Бирюков, В.Ю. Кирничный, Е.Б. Лерман, С.А. Теслова. – Омск : СибАДИ, 2016. – 1 электрон. опт. диск (DVD-R). – Загл. с этикетки диска.

9. Бирюков, В.В. Приоритеты модернизации городского пассажирского транспорта / В.В. Бирюков, В.Ю. Кирничный, Е.Б. Лерман // Наука о человеке: гуманитарные исследования. –2014. № 1 (15). – С. 42 – 53.

10. Лисовая, А. Омские депутаты ищут пути спасения муниципального транспорта / А. Лисовая // Комсомольская правда. – 2016. – Вып. №45-т (26604-т). – С. 12.

11. Транспорт и связь Омской области в 2014-2015 годах : стат. сб. / Омкстат. – Омск, 2016. – 72 с.

12. Кобец, Д. Чтобы сохранить муниципальный транспорт в Омске, власти меняют маршрутную сеть / Д. Кобец // Комсомольская правда. – 2016. – Вып. №130-ч (26607-ч). – С. 9.

13. Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федеральный закон от 13.07.2015 № 220-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=182659#0>, свободный. - Загл. с экрана (дата обращения к ресурсу : 18.11.2016).

THE POTENTIAL OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP'S EMPLOYMENT IN URBAN PASSENGER TRANSPORT SPHERE IN OMSK

Abstract. Authors consider concept of public-private partnership, forms of its implementation. The Legislative acts, regulating the activities public-private partnerships, and features of Russian and foreign application experience are studied. It presents analyses of statistical indicators and situation in urban public transport sphere in Omsk, on which results identified the necessity and investigate the opportunity of public-private partnership principles applying taking into account the specifics of the regional market.

Keywords: Public-private partnership. Concession. Urban public transport.

REFERENCES

1. О государственном партнерстве : Федеральный закон от 13.07.2015 N 224-FZ [About public-private partnership: The federal law from 13.07.2015 № 224-FZ]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182660

2. Закон о государственном партнерстве: руководство по применению [Low on public-private partnership: Application Guide]. Available at: <http://pppcenter.ru/analitika/issled.html>

3. О концессионных соглашениях : Федеральный закон от 21.07.2005 № 115-FZ (ред. от 28.06.2014) [About concession agreements : The federal law from 21.07.2005 № 115-FZ “]. Avail-

able at: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=191680#0>

4. Praktika primeneniya koncessionnykh soglashenij dlja razvitiya regional'noj infrastruktury v Rossijskoj Federacii [The practice of concession agreements for the development of social infrastructure in Russian Federation]. Available at: <http://pppcenter.ru/analitika/issled.html>

5. Iznos osnovnykh sredstv proizvodstva v Rossii dostig kriticheskogo urovnya [Depreciation of fixed assets in Russia has reached a critical level]. Available at: <http://torgprominfo.com/news/iznos-osnovnykh-sredstv-proizvodstva-v-rossii-dostig-kriticheskogo-urovnya/>

6. Issledovanie «Razvitie gosudarstvenno-chastnogo partnerstva v Rossii v 2015–2016 godah. Rejting regionov po urovnju razvitiya GChP» [Research «Development of public-private partnership in Russia in 2015-2016. Regions rating on the level of public-private partnership development]. Moscow. Associacija «Centr razvitiya GChP». 2016. 36 p.

7. Alekseeva S. Obshhestvennyj transport: i volki cely, i ovcy syty [Public Transport: wolfs are safed, sheeps are fed]. Avtoperevozchik. 2010. No 3(114). Pp. 32-38

8. Birjukov V.V., Kirnichnyj V.Y., Lerman E.B., Teslova S.A.. Avtotransportnye predpriyatija v konkurentnoj srede: faktory i mehanizmy razvitiya [Automobile transport enterprises in competitive environment: factors and development mechanism]. Omsk, 2016. 261 p.

9. Biryukov V.V., Kirnichny V.Y., Lerman E.B., [Priorities of modernization of city passenger transport]. Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya, 2014, no 1 (15), pp 42-53.

10. Lisovaya A. Omskie deputaty ishhtut puti spaseniya municipal'nogo transporta [Omsk deputies are looking for ways of municipal transport saving]. Komsomolskaja Pravda, 2016, No 45-t (26604-t). p. 12

11. Transport i svjaz Omskoj oblasti v 2014-2015 godah: Stat. sb. [Transport and Communi-

cation of Omsk Region: Statistical digest]. Omsk. 2016. 72 p.

12. Kobec D. Chtoby sohranit' municipal'nyj transport v Omske, vlasti menjajut marshrutnuju set [To keep the municipal transport in Omsk, authorities changed the route network]. Komsomolskaja Pravda, 2016, No 130-ch (26607-ch). p.

Ob organizacii reguljarnyh perevozok passazhirov i bagazha avtomobil'nyim transportom i gorodskim nazemnym jelektricheskim transportom v Rossijskoj Federacii i o vnesenii izmenenij v otdel'nye zakonodatel'nye akty Rossijskoj Federacii : Federal'nyj zakon ot 13.07.2015 № 220-FZ [About the organization of regular transport of passengers and luggage by road transport and urban land-electric vehicles in the Russian Federation : The federal law from 13.07.2015 № 220-FZ]. Available at: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=182659#0>

Лерман Евгения Борисовна (Россия, Омск) – доцент кафедры «Экономика и управление предприятиями» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080 г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: gsv-73@yandex.ru);

Теслова Светлана Анатольевна (Россия, Омск) – доцент кафедры «Экономика и управление предприятиями» ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080 г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: sabogdanova@yandex.ru);

Lerman Evgeniya Borisovna (Russian Federatoin) – candidate of economic sciences, associate professor of the department «Economics and management of enterprises». Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI). (644088, Omsk, prospect Mira, 5, e-mail: gsv-73@yandex.ru).

Teslova Svetlana Anatolyevna (Russian Federatoin) – candidate of economic sciences, associate professor of the department «Economics and management of enterprises». Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI). (644088, Omsk, prospect Mira, 5, e-mail: sa-bogdanova@yandex.ru).

УДК 331.104

ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ПЕНСИОННЫХ ПРОГРАММ В НЕГОСУДАРСТВЕННЫХ УЧРЕЖДЕНИЯХ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

*В.В. Преснякова, С.Н. Марков
ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ»,
АНОО ВО «Сибирский институт бизнеса и информационных технологий, Россия, г. Омск*

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы внедрения корпоративных пенсионных программ для негосударственных учреждений высшего профессионального образования. Проанализированы преимущества присущие для работодателей и их сотрудников при использовании системы дополнительного пенсионного обеспечения. Выявлена и обоснована необходимость участия негосударственных пенсионных фондов в разработке корпоративных пенсионных программ с целью разрешения проблем достойного существования работников, достигших пенсионного возраста. На основе проведенного исследования автором предлагается произвести внедрение корпоративных пенсионных программ с целью повышения уровня финансового благополучия профессорско-преподавательского состава при достижении пенсионных оснований, а также приобретения имиджа социально-ориентированного образовательного учреждения, что обеспечит высокий уровень мотивации квалифицированных сотрудников на длительный период времени.

Ключевые слова: корпоративные пенсионные программы, негосударственные пенсионные фонды, негосударственные образовательные учреждения высшего образования, мотивация персонала, коэффициент замещения, пенсия, коэффициент замещения.

ВВЕДЕНИЕ

Совершенствование системы пенсионного обеспечения является приоритетным направлением социальной политики любого государства. Необходимость регулирования данной сферы связана с низким уровнем финансового благосостояния населения Российской Федерации при наступлении пенсионных оснований. Уровень пенсионных выплат для большей части населения не соответствует минимальным нормам, утвержденным мировыми стандартами.

В условиях относительно низких размеров государственных пенсий вопрос об обеспечении приемлемого уровня существования сотрудников при достижении ими пенсионных оснований становится актуальным для большинства работодателей, заинтересованных в привлечении высококвалифицированных специалистов. Корпоративные пенсионные программы (далее КПП) становятся одним из факторов повышения уровня конкурентоспособности компаний на рынке труда. Вложенные средства являются инвестициями в человеческий капитал [3, с.]. Поэтому развитие форм дополнительного пенсионного обеспечения является одним из приоритетных направлений не только социальной политики государства, но и социально-ориентированных работодателей.

При разработке корпоративных пенсионных программ негосударственные пенсионные фонды учитывают особенности каждого хозяйствующего субъекта с учетом специфики его деятельности и установленных им требований. При внедрении корпоративных пенсионных программ в негосударственных образовательных учреждениях высшего

профессионального образования, по мнению авторов, необходимо учесть следующие нюансы:

- к участию в корпоративных пенсионных программах допускаются только штатные сотрудники;
- необходимо учитывать уровень квалификации и стаж работников образовательном учреждении;
- максимальный срок участия в программе составляет 30 лет;
- предусматривается одновременное участие в формировании пенсии работодателя и сотрудников;
- объем перечисляемых средств со стороны сотрудника не должен оказывать существенное влияние на уровень его финансового благополучия в момент перечисления пенсионных взносов;
- предусмотреть добровольное право на участие со стороны профессорско-преподавательского состава в корпоративных пенсионных программах;
- отсутствие значительного объема средств со стороны работодателя на финансирование дополнительного пенсионного обеспечения и др.

МЕТОДИКА ВНЕДРЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫХ ПЕНСИОННЫХ ПРОГРАММ В НЕГОСУДАРСТВЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Основной целью внедрения корпоративной пенсионной программы в негосударственных образовательных учреждениях высшего образования является увеличение коэффициента замещения.

При разработке сценариев моделирования КПП предполагается, что общая оценка эффективности программы проводится с точки зрения затрат (взносов) вкладчиков для достижения поставленной социальной цели: назначение заданного размера пенсии участникам при заданных требованиях. При этом не имеет значения, какая пенсионная схема используется НПФ: с установленным размером пенсионных взносов (Defined Contribution — DC) или с установленными выплатами (Defined Benefit — DB).

В рамках данной статьи рассмотрим особенности и методику внедрения корпоративной пенсии для профессорско-преподавательского состава (далее ППС) негосударственных образовательных учреждений высшего образования. При этом для расчета размера корпоративной пенсии будем использовать методику, которую применяют некоторые негосударственные пенсионные фонды, осуществляющие выплаты с солидарного пенсионного счета, рассчитывая величину назначенной работнику корпоративной пенсии.

Расчет показателей определяют по следующим формуле:

$$P_k = 0,4 \cdot Z_{cp} - CP \quad (1)$$

где P_k – величина назначенной работнику корпоративной части негосударственной пенсии;

Z_{cp} – средний месячный заработок работника за год, предшествующий увольнению в связи с уходом на пенсию;

CP – величина назначенной работнику страховой (страховой и накопительной) пенсии.

Расчет размера суммы средств, выделяемой с солидарного счета и переводимой на именной пенсионный счет сотрудника, производится по формуле:

$$C_k = P_k \cdot 12 \cdot E_p \quad (2)$$

где C_k – сумма средств, выделяемая с солидарного счета для финансирования корпоративной части негосударственной пенсии; E_p – средняя продолжительность предстоящей жизни работника при оформлении пенсии (соответствует 240 месяцам, согласно принятой методики расчета продолжительности ожидаемого периода выплаты пенсий, которая ежегодно определяется федеральным законом на основании официальных статистических данных о продолжительности жизни получателей пенсии).

Расчет суммы средств, выделяемой с солидарного счета и переводимой на именной

пенсионный счет работника, заключившего Договор, производится по формуле:

$$C_n = B \cdot K_u \quad (3)$$

где C_n – сумма средств, выделяемой с солидарного счета и переводимой на именной пенсионный счет работника, заключившего Договор участия в корпоративной пенсионной программе;

B – сумма пенсионных взносов, внесенных работником, заключившим Договор, в истекшем году;

K_u – итоговый коэффициент работника, заключившего Договор участия в корпоративной пенсионной программе.

Расчет итогового коэффициента работника K_u производится по формуле:

$$K_u = K_b \cdot K_v \cdot K_{ст} \cdot K_d \quad (4)$$

где K_b – базовый коэффициент долевого финансирования, который определяется аппаратом управления учреждения исходя из финансового положения учреждения и с учетом половозрастного состава работников и замещаемой должности.

K_v – коэффициент возраста работника, учитывающий время, оставшееся работнику до выхода на пенсию по общеустановленному пенсионному возрасту.

Рекомендуемые значения коэффициента K_v представлены в табл. 1.

Данную методику расчета корпоративных пенсий, автор предлагает использовать для негосударственных образовательных учреждений высшего профессионального образования для профессорско-преподавательского состава. По итогам 2014-2015 учебного года в Российской Федерации функционирует 391 НОУ ВО с численностью профессорско-преподавательского персонала более 28000 человек (Таблица 4).

При этом, в динамике наблюдается снижение численности частных образовательных учреждений. По данным анализируемых периодов за пять лет количество НОУ ВО сократилось на 71 учебное заведение, что становится следствием непрохождения процедуры государственной аккредитации образовательной деятельности. При этом, требования Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки ежегодно ужесточаются, и в перспективе ожидается последующее снижение общего количества образовательных учреждений.

На территории Омской области существен-

Таблица 1

Значения коэффициента K_b в зависимости от времени, оставшегося работнику до назначения пенсии по общеустановленному пенсионному возрасту

Количество лет до назначения пенсии	K_b	Количество лет до назначения пенсии	K_b
0	5,0	10	1,488
1	4,429	11	1,318
2	3,924	12	1,168
3	3,476	13	1,034
4	3,079	14	0,916
5	2,272	15	0,812
6	2,416	16	0,719
7	2,140	17	0,637
8	1,896	18	0,564
9	1,680	19 лет и более	0,5

*Кст – коэффициент, учитывающий общий стаж работы в учреждении.
Значения коэффициента Кст представлены в табл. 2*

ных изменений с 2011/2012 учебного года по 2014/2015 учебный год не наблюдается. В исследовании произведен анализ целесообразности внедрения корпоративных пенсионных программ для 8 учреждений и с этой целью произведено анкетирование ППС данных учебных заведений.

В опросе приняли участие 83% сотрудников и согласие на паритетное участие в корпоративных пенсионных программах выразили 82,86% респондентов (Таблица 5). При этом, к основным факторам, побудившим ППС участвовать в корпоративных пенсионных программах относятся: увеличение коэффициента замещения и сохранения за работником права распоряжаться пенсионными накоплениями, сформированными с его участием, при увольнении.

Автором исследования произведен опрос сотрудников аппарата управления образовательных учреждений выбранной совокупности в ходе которого выявлено, что только в одном учреждении руководство согласилось участвовать в корпоративных пенсионных программах (НОУ ВО «Сибирский институт бизнеса и информационных технологий»)

Для оценки необходимого объема финансирования произведем модельные расчеты, при условии, что численность ППС без учета совместителей составляет 50 человек; средняя заработная плата 26000 рублей, соотношение между мужчинами и женщинами, в зависимости от замещаемой должности, представлена на рис. 1.

Структура распределения участников по времени, оставшемуся работнику до выхода

на пенсию по общеустановленному пенсионному возрасту представлена в табл. 6. При этом, в данной программе закладывается возраст выхода на пенсию для женщин 55 лет, для мужчин 60 лет.

Исходя из представленной ротации, выявлено, что более 32% ППС, воспользуются правом на получения корпоративной пенсии только через 19 и более лет, средний возраст ППС составляет 37 лет.

Так же, автором произведено распределение ППС НОУ ВО «Сибирский институт бизнеса и информационных технологий» в зависимости от стажа осуществления деятельности, что и представлено в табл. 7.

Более 40% сотрудников имеют педагогический стаж до 10 лет. Из представленных данных так же выявлено, что 20% ППС имеют стаж профессиональной деятельности от 11 до 15 лет. При этом данное учебное заведение на рынке образовательных услуг функционирует 20 лет.

Ключевым параметром, влияющим на размер будущей пенсии, является размер дополнительных пенсионных взносов сотрудников в зависимости от получаемой заработной платы. Автором, предлагается устанавливать норматив отчислений, зависящий от замещаемой должности профессорско-преподавательского состава (рис. 2).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, к основным результатам моделирования корпоративной пенсии для

Таблица 2

Значения коэффициента (К_{ст}), учитывающий общий стаж работы профессорско-преподавательского состава в учреждении

Стаж работы (полных лет)	К _{ст}	Стаж работы (полных лет)	К _{ст}
3-10	1	26-27	1,551
12-13	1,013	28-29	1,643
14-15	1,031	30-31	1,724
16-17	1,055	32-33	1,795
18-19	1,093	34-35	1,857
20-21	1,153	36-37	1,911
22-23	1,252	38-39	1,959
24-25	1,416	40 и более	2

К_д – коэффициент, учитывающий размер зарплаты работника. Значения коэффициента К_д представлены в табл. 3.

Таблица 3

Значения коэффициента (К_д), учитывающий размер заработной платы

Размер заработной платы (в средних значениях заработной платы в НОУ ВО)	К _д
от 0 до 1,5	1,0
2,0	0,99
3,0	0,95
4,0	0,875
5,0	0,75
6,0	0,637
7,0	0,595
8,0	0,562
9,0	0,51
10,0 и более	0,5

ППС НОУ ВО «Сибирский институт бизнеса и информационных технологий» является:

1. Установление размера необходимого ежегодного финансирования для фондирования пожизненной пенсии работников в размере, дополняющем обязательную трудовую пенсию до 40% среднего заработка работника в год, предшествующего выходу на пенсию

2. Сумма пенсионных взносов работников на формирование дополнительной пенсии определяется в зависимости от трех основных факторов: возраста сотрудника, замещаемой должности и количества лет до назначения пенсии

3. Максимальный объем дополнительных взносов, производимых работодателем не превышает 12% от фонда оплаты труда

В зависимости от процента перечисления средств от фонда оплаты труда и периода

участия в КПП существенно изменяется и коэффициент замещения, так например, при участии в программе 30 лет и объеме отчислений 2,5% от заработной платы коэффициент замещения может достигать 15%, а при перечислении 5% - 30%.

Таким образом, автором, представлена модель корпоративного пенсионного обеспечения для профессорско-преподавательского состава негосударственных образовательных учреждений высшего профессионального образования, учитывающая возможность организации и финансирования пенсионной программы, сочетающей приемлемый уровень послетрудового возмещения (40% последнего заработка), предоставляемый всем работникам учреждения и возможность привлечения сотрудников к совместному финансированию пенсий и достижению значительно более вы-

Таблица 4

Динамика численности НОУ ВО и ППС с 2010 года по 2015 год [4,5]

Наименование показателя	2010/2011	2011/2012	2012/2013	2013/2014	2014/2015
Численность негосударственных образовательных учреждений высшего профессионального образования в России	462	446	437	402	391
Численность негосударственных образовательных учреждений высшего профессионального образования в Омской области	9	9	8	8	8
Численность профессорско-преподавательского состава НОУ ВО в России	31981	29203	29208	31110	28204
Численность профессорско-преподавательского состава НОУ ВО в Омской области	357	310	300	401	295
Средняя заработная плата ППС	28973	32189	35879	40428	43215
Средняя заработная плата ППС в Омской области	25467	29847	33412	37042	39542

Таблица 5

Опрос ППС об участии в корпоративных пенсионных программах

Наименование НОУ ВО	Численность ППС	Приняли участие в анкетировании	За участие в КПП	Против участия в КПП
НОУ ВО «Сибирский институт бизнеса и информационных технологий»	50	44	38	6
НОУ ВО Омская гуманитарная академия	43	37	32	5
ЧОУ ВО Омская юридическая академия	98	74	65	9
Омский филиал Московского финансово-промышленного университета «Синергия»	23	20	16	4
НОУ ВО Омский региональный институт	22	19	15	4
НОУ ВО Международный институт экономики и права (Омский филиал)	24	22	17	5
НОУ ВО «Институт радиоэлектроники, сервиса и диагностики»	16	14	10	4
НОУ ВО «Евразийский институт экономики, менеджмента, информатики»	19	15	10	5
Итого	295	245	203	42

соких значений коэффициента замещения. В целом корпоративные пенсионные программы являются наиболее эффективным инструментом поддержания стабильного дохода граждан России при наступлении пенсионных оснований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 07.05.1998 N 75-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «О негосударственных пенсионных фондах» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017) [Электронный ресурс] /

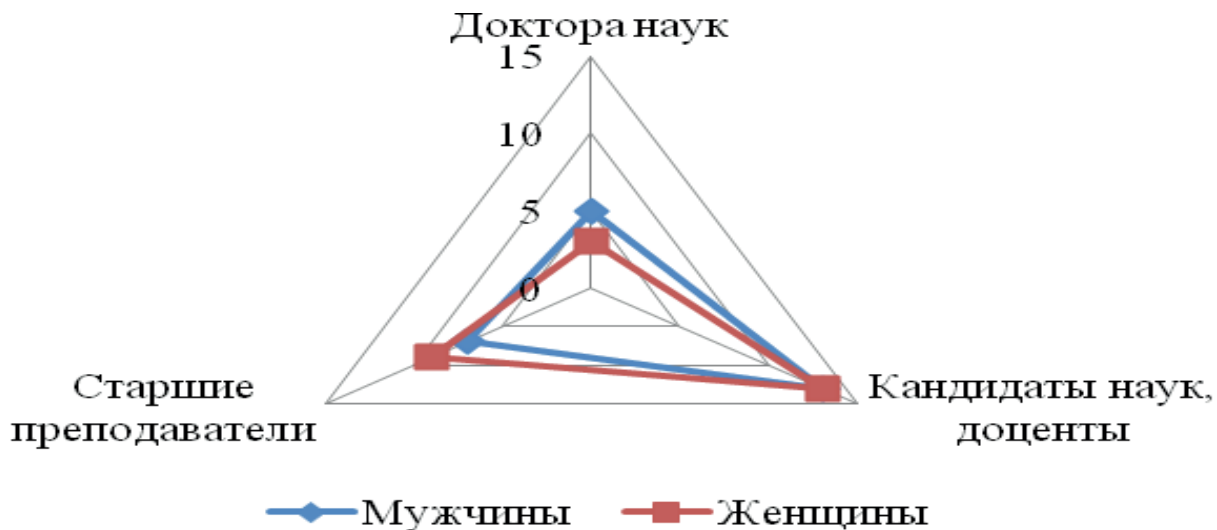


Рис. 1. Соотношение замещающей должности по гендерному признаку

Таблица 6

Структура распределения участников по времени, оставшемуся работнику до выхода на пенсию по общеустановленному пенсионному возрасту

Количество лет до назначения пенсии	Численность ППС	Количество лет до назначения пенсии	Численность ППС
0	3	10	-
1	-	11	-
2	-	12	4
3	2	13	4
4	-	14	2
5	1	15	4
6	-	16	5
7	-	17	3
8	-	18	6
9	-	19 лет и более	16

Справочно-правовая система «Консультант Плюс»

2. Федеральный закон от 24.07.2002 N 111-ФЗ (ред. от 28.12.2016) «Об инвестировании средств для финансирования накопительной пенсии в Российской Федерации» [Электронный ресурс] / Справочно-правовая система «Консультант Плюс»

3. Федеральный закон от 28.12.2013 N 424-ФЗ (ред. от 23.05.2016) «О накопительной пенсии» [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система Консультант плюс

4. Федеральный закон от 28.12.2013 N 400-ФЗ (ред. от 19.12.2016) «О страховых пенсиях» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017) [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система Консультант плюс

5. Постановление Правительства РФ от 04.11.2003 N 669 «Об уполномочен-

ном федеральном органе исполнительной власти, осуществляющем государственное регулирование деятельности негосударственных пенсионных фондов по негосударственному пенсионному обеспечению, обязательному пенсионному страхованию» (в ред. от 18.09.2014) [Электронный ресурс] / Справочно-правовая система «Консультант Плюс».

6. Распоряжение Правительства РФ от 25.12.2012 N 2524-р «Об утверждении Стратегии долгосрочного развития пенсионной системы Российской Федерации» [Электронный ресурс] / Справочно-правовая система «Консультант Плюс»

7. «Основные направления бюджетной политики на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов» [Электронный ресурс] // Справочно-правовая система Консультант плюс

Таблица 7

Распределение сотрудников ППС в зависимости от стажа, лет

Стаж работы (полных лет)	Численность ППС	Стаж работы (полных лет)	Численность ППС
3-10	20	26-27	3
11-13	8	28-29	0
14-15	2	30-31	0
16-17	4	32-33	0
18-19	2	34-35	2
20-21	7	36-37	0
22-23	1	38-39	0
24-25	0	40 и более	1

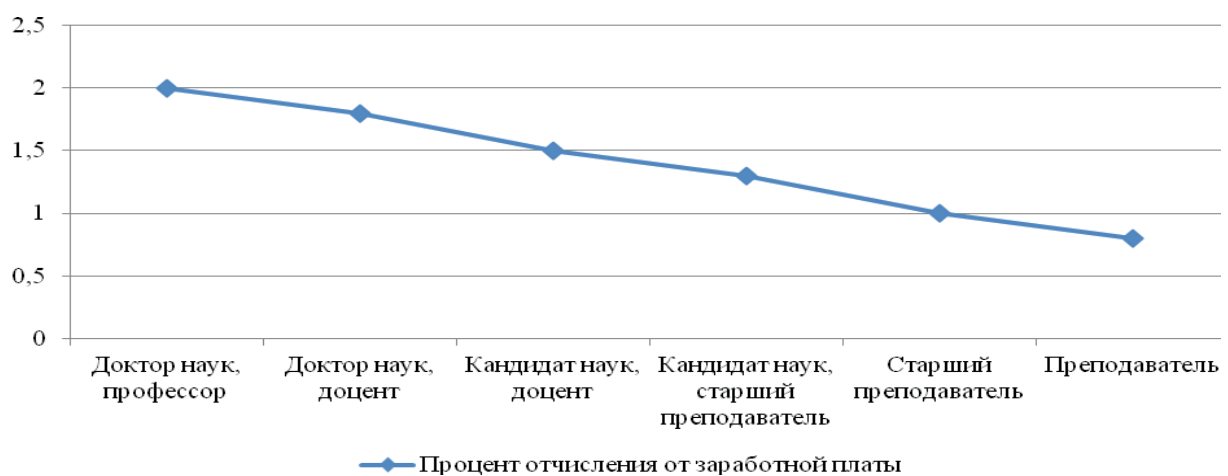


Рис. 2. Значение предполагаемых нормативов отчислений на формирование дополнительной пенсии в зависимости от замещаемой должности

8. Преснякова, В.В. Корпоративные пенсионные программы, как ключевой параметр инвестиционной деятельности организаций / В.В. Преснякова // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2014. - № 5 (39).- С. 118-124

9. Российский статистический ежегодник. 2015: Стат.сб./Росстат. - Р76 М., 2015. – 728 с. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/

catalog/doc_1135087342078

10. Российский статистический ежегодник. 2014: Стат.сб./Росстат. - Р76 М., 2014. – 693 с. [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publicationcatalog/doc_1135087342078

11. Харченко, О.В. Методы и алгоритмы расчета корпоративных пенсионных программ России : дис. ... канд. экон. наук: 08.00.13 / Харченко О.В. — М., 2005. — 175 с.

EXPERIENCE OF IMPLEMENTATION OF CORPORATE PENSION PLANS IN NON-STATE INSTITUTIONS OF HIGHER EDUCATION

Abstract. In this article problems of implementation of corporate pension plans for non-state institutions of higher professional education are considered. Benefits inherent for employers and their employees are analysed when using system of additional pension provision. Need of participation of non-state pension funds for development of corporate pension plans for the purpose of the problem resolution of worthy existence of the workers who reached a retirement age is revealed and proved. On the basis of the conducted research the author offers to make implementation of corporate pension plans for the purpose of increase in level of financial wellbeing of the faculty in case of achievement of the pension bases, and also acquisitions of image of socially oriented educational institution that will provide the high level of motivation of skilled employees for the long period of time.

Keywords: *corporate pension plans, non-state pension funds, non-state educational institutions of the higher education, motivation of personnel, replacement coefficient, pension, replacement coefficient*

REFERENCES

1. The federal law of 07.05.1998 N 75-FZ "About non-state pension funds" (in an edition of 21.07.2014) [An electronic resource] / Legal-reference system "Consultant Plus"

2. The federal law of 24.07.2002 N 111-FZ "About investment of means for financing of a funded part of labor pension in the Russian Federation" (in an edition of 21.07.2014) [An electronic resource] / Legal-reference system "Consultant Plus"

3. The resolution of the Government of the Russian Federation of 04.11.2003 N 669 "About the authorized federal executive authority which is carrying out state regulation of activities of non-state pension funds for non-state pension provision, mandatory pension insurance" (in an edition of 18.09.2014) [An electronic resource] / Legal-reference system "Consultant Plus"

4. The order of the Government of the Russian Federation of 25.12.2012 N 2524-p "About the adoption of Strategy of long-term development of pension system of the Russian Federation" [An electronic resource] / Legal-reference system "Consultant Plus"

5. The order of the Government of the Russian Federation of 04.11.2003 N 669 "About the authorized federal executive body performing state regulation of activities of non-state pension funds for non-state pension provision, mandatory pension insurance" (in an edition of 18.09.2014) [An electronic resource] / the Legal-reference system "Consultant Plus"

6. The order of the Government of the Russian Federation of 25.12.2012 N 2524-p "About approval of Strategy of long-term development of the pension system of the Russian Federation" [An electronic resource] / the Legal-reference system "Consultant Plus"

7. "The main directions of the budget policy for 2015 and for planning period of 2016 and 2017" [An electronic resource]//the Legal-reference Consultant system plus

8. Presnyakova V. V. Corporate pension plans as key parameter of investing activities of the organizations / V. V. Presnyakova//Messenger of the Siberian state automobile and road academy. – 2014. - No. 5 (39).-Page 118-124

9. Russian statistical year-book. 2015: Стат. сб. / Rosstat. - M.'s P76, 2015. – 728 pages [An electronic resource]//access Mode: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/

rosstat.ru/statistics/publications/catalog/doc_1135087342078

10. Russian statistical year-book. 2014: Стат.сб. / Rosstat. - M.'s P76, 2014. – 693 pages [An electronic resource]//access Mode: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat.ru/statistics/publication_catalog/doc_1135087342078

11. Harchenko O. V. Methods and algorithms of calculation of corporate pension plans of Russia: yew. ... edging. экон. sciences: 08.00.13 / O. V. Harchenko; науч. hands. Doctor house-keeper.Sciences.The prof. N. M. Abdukeev N. M. — M., 2005. — 175 pages.

Марков Сергей Николаевич (Россия, Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Финансы и кредит» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (644043, г. Омск, ул. Партизанская 6, e-mail: imarkovsn79@mail.ru), доцент кафедры «Менеджмент» АНОО ВО «Сибирский институт бизнеса и информационных технологий» (644116, г. Омск, ул. 24 Северная, 196/1)

Преснякова Виктория Васильевна (Россия, Омск) – старший преподаватель кафедры «Экономика и менеджмент» ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (644043, г. Омск, ул. Партизанская 6, e-mail: viktoriya_presny@mail.ru), старший преподаватель кафедры «Экономика» АНОО ВО «Сибирский институт бизнеса и информационных технологий» (644116, г. Омск, ул. 24 Северная, 196/1)

Markov Sergey Nikolaevich (Russia, Omsk) is Candidate of Economic Sciences, the associate professor "Finance and the credit" "Financial University under the Government of the Russian Federation" (644043, Omsk, Partizanskaya St. 6, e-mail: i markovsn79@mail.ru), the associate professor "Management" of "The Siberian institute of business and information technologies" (644116, Omsk, st. 24 Northern, 196/1)

Presnyakova Victoria Vasilyevna (Russia, Omsk) is the senior teacher of Economy and Management department "Financial University under the Government of the Russian Federation" (644043, Omsk, Partizanskaya St. 6, e-mail: viktoriya_presny@mail.ru), the senior teacher of Ekonomika department of "The Siberian institute of business and information technologies" (644116, Omsk, st. 24 Northern, 196/1)

УДК 629.471

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ПРОЦЕССЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

*Р.С. Симак, Р.С. Самтаров
Омский государственный университет путей сообщения (ОмГУПС), Россия, г. Омск*

Аннотация. Авторами представлен анализ проведения в холдинговой компании «Российские железные дороги» энергетического обследования, как основного инструмента для оценки эффективности потребления топливно-энергетических ресурсов в процессе функционирования объектов логистической инфраструктуры железнодорожного транспорта.

Сформулированы основные особенности авторского подхода к расчету экономического эффекта от внедрения энергосберегающих мероприятий, требующие учета двух базовых составляющих: прямой эффект (снижение расхода энергоресурсов, воды) и косвенный эффект. В заключении приводятся результаты апробации предложенного подхода на некоторых железнодорожных предприятиях.

Ключевые слова: экономический эффект, энергетический аудит, энергосбережение, косвенный эффект, топливно-энергетические ресурсы.

ВВЕДЕНИЕ

Российские железные дороги органично интегрированы в единую транспортную систему Российской Федерации. Во взаимодействии с другими видами транспорта они обеспечивают удовлетворение потребностей в перевозках населения, экономики и государства в целом.

В целом при объеме производства электрической энергии в России в размере около 1054,8 млрд. кВтч, железнодорожный транспорт, только на тягу поездов расходует 40,7 млрд. кВтч, что составляет около 4% от общего объема производства электроэнергии в стране. Этот показатель сопоставим с аналогичной характеристикой американских железных дорог в британских термических единицах (BTU) - 2% [1].

В настоящее время на Российских железных дорогах предпосылки для повышения энергоэффективности во многом создаются в результате проведения энергетических обследований предприятий [2]. Энергетическое обследование является необходимым этапом и составной частью комплекса мер, направленных на повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов [3].

Законодательство обязывает проводить энергетические обследования предприятий с годовым потреблением топливно-энергетических ресурсов на сумму свыше 50 млн руб

[4], в ОАО «РЖД» эта цифра составляет около 200 млрд руб. [5] Поэтому в 2012 году было проведено обязательное энергетическое всех предприятий, входящих в структуру компании [6]. Срок действия энергетических паспортов составляет 5 лет, поэтому основания для проведения повторного обследования возникнут не ранее 2017 года [7, 8].

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ ОАО «РЖД»

Методика энергетического обследования позволяет выявить резервы сокращения потребления топливно-энергетических ресурсов за счет комплексного обследования всех систем и процессов железнодорожных предприятий. Методика базируется на построенной с участием авторов классификации основных деловых процедур выполняемых в процессе энергетического обследования, представленной на рис. 1.

Эффект от проведения энергетического обследования ОАО «РЖД» представлен в табл. 1 и на рис. 2. Усредненный срок окупаемости мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в ОАО «РЖД» составил 4,1 года, что является хорошим показателем для государственной компании и отражает достаточно высокие темпы возврата инвестиций в энергосбережение на

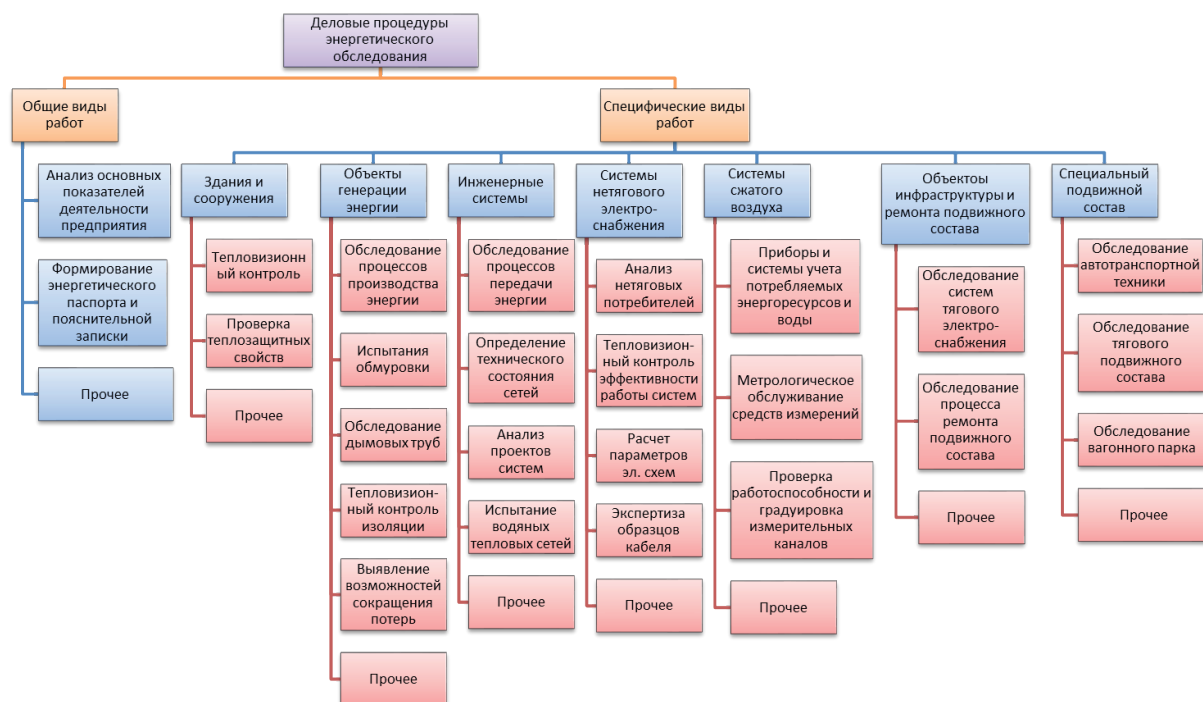


Рис. 1. Классификация основных деловых процедур выполняемых в процессе энергетического обследования железнодорожных предприятий

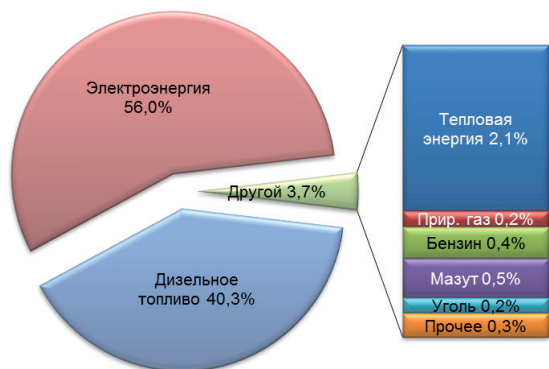


Рис. 2. Структура эффекта полученного от реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности ОАО «РЖД» по видам топливно-энергетических ресурсов в денежном выражении

основе применения современных инновационных технологий [3].

В соответствии с п. 1 ст. 25 ФЗ-261 организации с участием государства или муниципального образования и организации, осуществляющие регулируемые виды деятельности, должны утверждать и реализовывать программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Это обуславливает необходимость разработки по результатам энергетического обследования

соответствующей программы в ОАО «РЖД» и последующего ее внедрения.

Программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности основываются на перечне энергосберегающих мероприятий, формируемом по результатам энергетических обследований структурных подразделений.

Ключевым процессом при формировании программы в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности является расчет экономического эффекта энергосберегающих мероприятий, так как по его результатам и принимается решение о включении конкретного мероприятия в программу энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

УЧЕТ КОСВЕННЫХ ЭФФЕКТОВ В ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ОБОСНОВАНИЯХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

Основной особенностью расчета экономического эффекта от внедрения энергосберегающего мероприятия является то, что необходимо учесть две составляющих: прямой технический эффект (снижение расхода энергоресурсов, воды) и косвенный эффект (рисунок 3).

Нахождение прямого эффекта, как пра-

Таблица 1

**Эффект от мероприятий по энергосбережению
и повышению энергетической эффективности ОАО «РЖД»**

Энергосберегающие мероприятия по видам топливно-энергетических ресурсов	Затраты на реализацию, тыс. руб.	Эффект от реализации мероприятий		
		В натуральном выражении		В стоимостном выражении, тыс. руб.
		Количество	Ед. изм.	
ИТОГО	10 679 630,18	276 491,42	т усл. топл.	2 633 830,59
в том числе:				
электроэнергия		596 462,01	Тыс. кВтч	1 474 601,74
диз.топливо		42 289,72	т	1 062 109,16
тепловая энергия		49 025,16	Гкал	55 037,16
газ природный		1 243,75	тыс. м3	4 760,53
бензин		364,20	т	9 587,47
мазут топочный		1 282,87	т	13 472,04
уголь		4 050,84	т	6 201,28
вода		649,14	тыс. м3	8 061,22



Рис. 3. Классификация экономического эффекта энергосберегающих мероприятий

Перечень разработанных математических моделей

Назначение модели	Основное содержание модели
Оценка эффективности передачи объектов стационарной энергетики (теплоисточники) с баланса ОАО «РЖД»	$\begin{cases} k_{вп} = \frac{Q_{внеш}}{Q_1} & k_{зп} = \frac{3_п}{3_1} \\ k_{уп} = \frac{Q_2}{Q_1} & k_{зп.п} = \frac{3_п}{T_{сл} \cdot 3_1}, E = \frac{1 - \frac{k_{уп} \cdot k_{uc} - k_{зп.п}}{k_{упн}}}{\left(1 - \frac{1 - k_{вп}}{k_{упн}}\right) (k_{uc} - 1)}, \\ k_{uc} = \frac{T}{S} & k_{упн} = \frac{Q_1'}{Q_1} \end{cases}$ $T_{ок} = \frac{3_п}{3_1 - 3_2} = \frac{k_{зп} \cdot 3_1}{Q_1 \cdot S - Q_2 T} = \frac{k_{зп} \cdot Q_1 \cdot S}{Q_1 \cdot S - k_{уп} \cdot Q_1 \cdot k_{uc} \cdot S} = \frac{k_{зп}}{1 - k_{уп} \cdot k_{uc}}$
Оценка эффективности энергосберегающих мероприятий на основе расчета интегрального экономического эффекта	$\mathcal{E} = \Delta N_э + \Delta A - \Delta H_{и} - \Delta H_{п} \pm \Delta \mathcal{E}_э, \Delta N_э = \sum_{i=1}^n \mathcal{C}_i (N_{1i} - N_{2i}),$ $\Delta H_{и} = \frac{K(1+\alpha)}{2} k_{и}, \Delta H_{п} = \frac{K(1+\alpha)}{2} k_{п} - H_{п}, \Delta H_{п} = k_{п} (\Delta N_э - \Delta H_{и}),$
Оценка эффективности установки приборов учета горячего водоснабжения	$K = K_{пр} + K_M, \Delta S = \Delta S_{мэ} - S_{обсл} - S_a,$ $\beta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}, \Delta S_{мэ} = (Q_1 - Q_2) C_{мэ}, Q_1 \geq \frac{\frac{K}{T_{ок}} + S_{обсл} + S_a + K \cdot E_H}{C_{мэ} \beta}$
Оценка эффективности установки приборов учета тепловой энергии и пара	$\Delta S_{мэ} = Q_1 C_{мэ} \beta, Q_1 = Q_ч \cdot T \cdot 24 \cdot \frac{t_{вн} - t_{нар}^{cp.om}}{t_{вн} - t_{нар}^{min}},$ $\frac{K}{Q_ч \cdot T \cdot 24 \cdot \frac{t_{вн} - t_{нар}^{cp.om}}{t_{вн} - t_{нар}^{min}} C_{мэ} \beta - S_{обсл} - S_a - K \cdot E_H} \leq T_{ок}^H$
Оценка эффективности установки приборов учета холодного водоснабжения	$\beta = \frac{V_1 - V_2}{V_1}, \Delta S_{хв} = V_1 C_{хв} \beta, \frac{K}{V_1 C_{хв} \beta - S_{обсл} - S_a - K \cdot E_H} \leq T_{ок}^H,$ $V_1 \geq \frac{\frac{K}{T_{ок}} + S_{обсл} + S_a + K \cdot E_H}{C_{хв} \beta}$

вило, не вызывает затруднений, так как он выражается через технический эффект, определяемый через снижение расхода соответствующего энергоресурса и его стоимость по ценам текущего периода.

Определение косвенного эффекта сталкивается с разноплановыми проблемами, начиная от элементарного незнания энергоаудитором о существовании такого эффекта и заканчивая невозможностью точного прогнозирования экономической ситуации на обследуемом предприятии в будущем, от которой данный эффект будет зависеть. Зачастую происходит, что по результатам энергообследования, составляется перечень энергосберегающих

мероприятий с экономическим эффектом, не включающим косвенную составляющую. Хотя данная составляющая может иметь иногда определяющее влияние на экономический эффект и, рассчитываемый на его основе срок окупаемости.

Предлагается разделить косвенный эффект на два вида: детерминированный и вероятностный. Детерминированная составляющая косвенного эффекта связана с наличием строго определенных факторов, влияющих в каждом случае, воздействие которых можно количественно оценить и учесть. Например, к данным факторам относятся изменение платежей по налогу на имущество, прибыль,

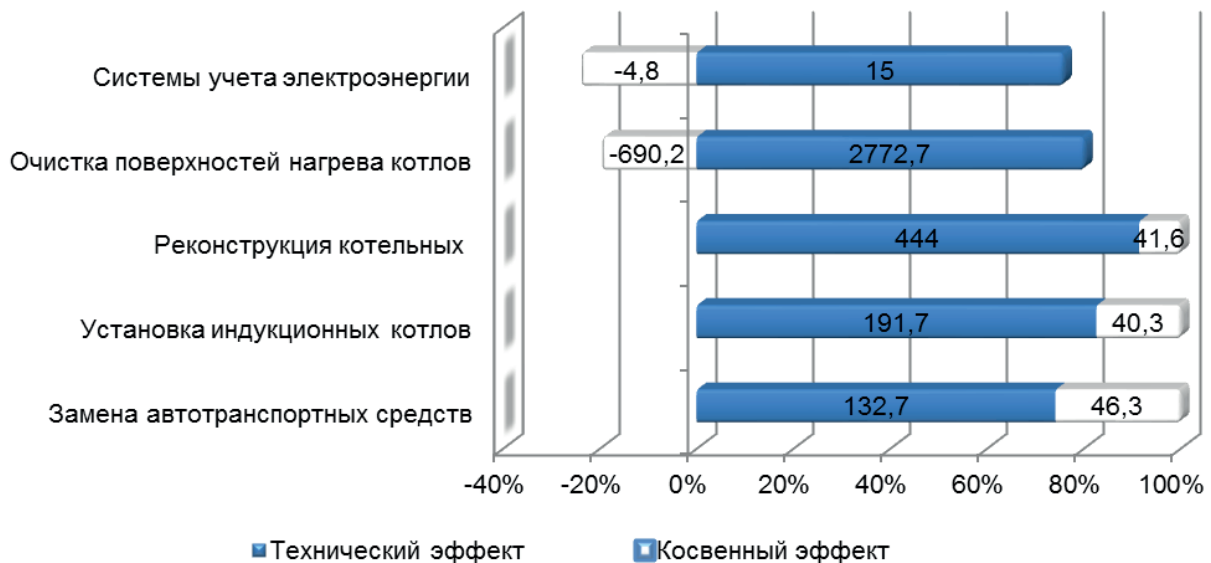


Рис. 4. Соотношение технического и косвенного эффектов (в тыс. руб)

изменение амортизационных отчислений, снижение затрат на ремонт, техническое обслуживание, заработную плату, вследствие снижения контингента обслуживающего персонала и т.д.

Вероятностная составляющая, связана с прогнозами экономического развития предприятия и внешней среды. Например, изменение способа начисления амортизации в будущем, планируемое изменение налоговых ставок, учет старения оборудования и ухудшения его технико-экономических показателей и т.д.

В табл. 2 приведены основные элементы математического аппарата, разработанного автором, с целью совершенствования методологии экономической оценки энергетического обследования технологического комплекса железнодорожного транспорта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для сопоставления прямых и косвенных эффектов был проведен расчет экономической эффективности и срока окупаемости ряда энергосберегающих мероприятий для нескольких структурных подразделений ОАО «РЖД».

Результаты апробации показали (выборочно представлены на рис. 4), что доля косвенного эффекта колеблется в пределах до 40%, что свидетельствует о важности его выявления и учета в расчетах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Aviva Brecher, Joseph Sposato, Bernard

Kennedy. Best Practices and Strategies for Improving Rail Energy Efficiency [Text] / U.S. Department of Transportation Federal Railroad Administration Office of Research and Development. 2014.

2. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации : Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ // Собрание законодательства РФ. – 30.11.2009. – N 48. – ст. 5711.

3. Гапанович, В.А. Энергоэффективность – путь к снижению затрат и к экологической безопасности / В.А. Гапанович // Железнодорожный транспорт. – 2014. – № 8. – С. 22-25.

4. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 августа 2014 г. N 818 “Об установлении объема энергетических ресурсов в стоимостном выражении для целей проведения обязательных энергетических обследований” // “Собрание законодательства РФ”, 25.08.2014, N 34, ст. 4675.

5. Годовой отчет ОАО «Российские железные дороги» за 2015 год / URL: http://ir.rzd.ru/static/public/ru?STRUCTURE_ID=32. (дата запроса информации – 30.12.2016).

6. Распоряжение ОАО «РЖД» от 31.03.2011 N 685р “Об утверждении документов по энергетическому обследованию объектов ОАО «РЖД».

7. Распоряжение Правительства РФ от 03.04.2013 N 512-р “Об утверждении государственной программы «Энергоэффективность и развитие энергетики» / Собрание законода-

УДК 331.108.4

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

А.И. Чумаков, Т.А. Левтеева
ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет», Россия, г. Омск

Аннотация. В данной статье рассмотрены проблемы дефицита квалифицированных кадров, отвечающих текущим и стратегическим потребностям национальной экономики. Проанализированы факторы, определяющие необходимость постоянного совершенствования квалификационного потенциала. Уточнено и скорректировано понятие жизненного цикла квалификационного потенциала и его основные стадии. В статье дается сравнение национальных профессиональных стандартов нескольких стран, а также существующих в них рамок квалификаций. В статье анализируются основные направления работы Правительства РФ по созданию эффективной национальной системы квалификаций, также авторами предлагаются варианты дополнения характеристик квалификационного потенциала работников для более глубокой его оценки.

Ключевые слова: квалификация персонала, оценка квалификации, национальная система профессиональных квалификаций, жизненный цикл квалификационного потенциала.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время все большее внимание специалистов всех уровней уделяется вопросу квалификации работников. Этот интерес связан, в первую очередь, с тем, что при переходе от административно-командной экономики к современной рыночной образовался пробел, связанный с определением уровня квалификации работников. Кардинально изменилась профессионально-квалификационная структура общественного производства: многие профессии безвозвратно исчезли, а другие, наоборот, появились. И этот процесс происходит до сих пор. Вместе с тем, тарифно-квалификационные справочники в новых редакциях по-прежнему базируются на советской версии, в них слишком редко вносятся изменения в соответствии с запросами производства.

Несовершенство правовой базы и ее отставание от последних достижений науки и техники в настоящее время является серьезным недостатком, Правительство РФ всерьез взялось за устранение этой проблемы, разрабатываются новые методы и способы оценки квалификации сотрудников и соискателей, принимаются законы, способствующие принятию на должность лиц с соответствующей квалификацией. Важность этого вопроса не вызывает сомнений: выбран курс импортозамещения и разработки инновационных технологий, который предполагает развитие отечественного производства, в связи с чем возрастают требования к качеству трудовых ресурсов страны.

Одним из главных направлений, по мнению авторов, должна стать работа по разработке новых методик и способов измерения квалификационного потенциала работников, учитывающие технико-технологические, социально-экономические, социо-культурные особенности конкретного предприятия и отрасли в целом. Необходимость разработки новых способов оценки обосновывается еще и тем, что существующие системы оценки квалификации являются мало адаптированными к рыночной экономике.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ПРИЗНАКИ КВАЛИФИКАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РАБОТНИКА

Квалификационный потенциал обычно рассматривают как одну из составляющих трудового потенциала человека, определяя его как «объем, глубину и разносторонность общих и специальных знаний, трудовых навыков и умений, обуславливающих способность работника к труду определенного содержания и сложности...» [6, с. 124].

Квалификационный потенциал тесно связан с определением «квалификация», которое можно рассматривать и с точки зрения образования, как уровень подготовки выпускников учебных заведений, и с точки зрения трудовой деятельности, как степень проявления профессиональных качеств работника, его умений.

Признаки квалификационного потенциала работника

Признаки	Характеристика
Уровень подготовки	Образование (общее, среднее, высшее), профиль образования, а также специализация
Творческие способности	Способности к экспериментам, творческой организации процесса трудовой деятельности
Стремления к повышению личностного потенциала	Знания, имеющиеся навыки и умения, возраст работника, стаж работы (общий и по специальности)
Трудовая активность	Является ли работник простым исполнителем или может выполнить работу творчески, при сохранении или улучшении ее качества
Результативность труда	Качество труда, количество труда, эффективность труда, рациональное использование рабочего времени

Проблема повышения квалификации работников постоянно изучалась в научной литературе. Огромный вклад в изучение данной проблемы внесли отечественные ученые С.Г. Струмилин, А.К. Гастев, Б.М. Генкин, Ю.Г. Одегов и другие [3, с. 86; 4, с. 9; 8, с. 58; 9, с. 5].

В зарубежной литературе вопросам развития персонала уделяли внимание такие ученые, как Г. Беккер, Т. Шульц, Д. Нортон и другие [9, с. 5; 11; 12].

Несмотря на степень изученности проблемы квалификации работников как фактора повышения производительности труда и улучшения производственных результатов, современные тенденции требуют продолжения изучения этого вопроса в связи с изменением профессионально-квалификационной структуры производства. Другая причина – недостаточно глубокое раскрытие в научной литературе проблемы развития квалификационного потенциала, который представляет собой перспективы развития квалификации работника в ближайшем будущем, а также возникающие в связи с этим возможности предприятия (или отрасли).

Квалификационная составляющая трудового потенциала работника имеет определенные признаки, представленные в табл. 1.

ОБРАЗОВАНИЕ КАК ОСНОВА ФОРМИРОВАНИЯ КВАЛИФИКАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА

Основой квалификации является получение будущим работником профильного образования. Выбор специальности – серьезный вопрос, который требует от молодежи особого

внимания. Особую ответственность за профессиональную ориентацию школьников несет государство через образование сети профориентационных учреждений. Данные учреждения доводят до сведения старшеклассников актуальную информацию об имеющихся отраслях производства, степени их производственной оснащенности, требованиях к работникам. Положительный результат имеют экскурсии, целью которых является наглядная демонстрация характера работы на различных рабочих местах и условиях труда сотрудников.

Ошибки первоначального профессионального выбора имеют неблагоприятные последствия как для работников, так и для предприятия и государства, способствуя увеличению текучести кадров, потере полезного фонда рабочего времени, увеличению фрикционной безработицы (на период поиска новой работы).

Таким образом, получение среднего или высшего образования позволяет будущему работнику расширить общие знания, полученные в школе, а самое главное – сформировать теоретическую основу для работы по выбранному направлению деятельности.

Стандарты образования разных учебных заведений отличаются друг от друга, также различны уровни аккредитации. Поэтому дипломы разных учебных заведений тоже дифференцируются.

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ КВАЛИФИКАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА, ХАРАКТЕРИСТИКА ЕГО УРОВНЕЙ

Квалификация должна подтверждаться какими-либо документами, например, дипло-

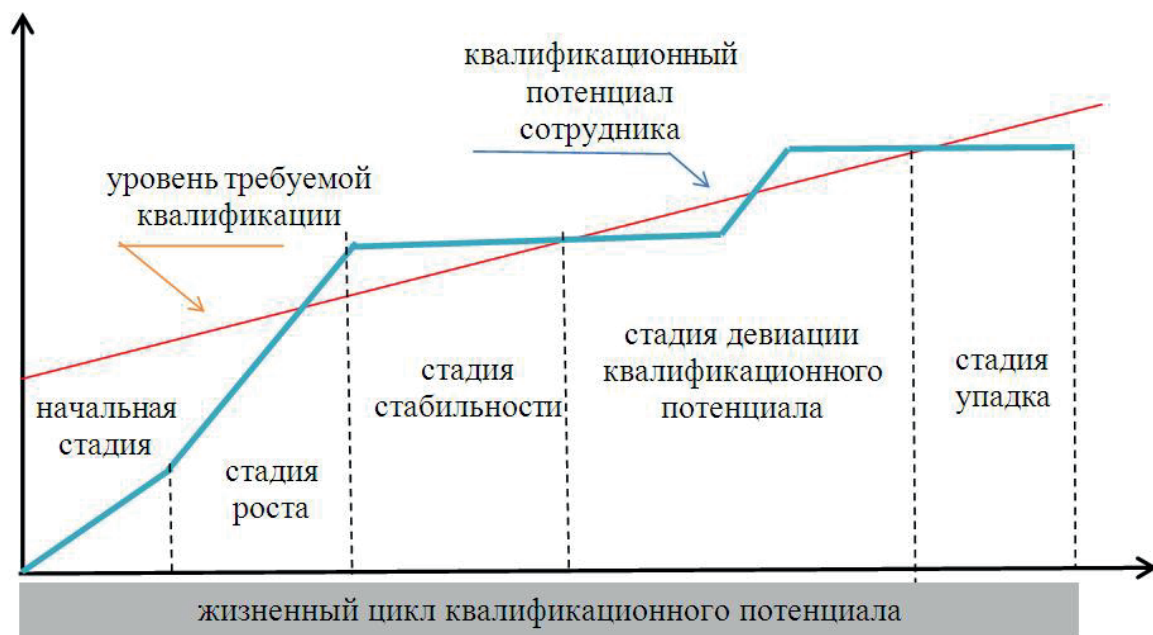


Рис. 1. Стадии жизненного цикла квалификационного потенциала (составлено авторами)

мами, сертификатами, квалификационными удостоверениями и т.д. Однако наличие таких документов не является безусловным гарантом качества трудовых ресурсов, особенно если диплом был получен более десяти лет назад.

Постоянное развитие техники и технологии производства способствует тому, что с течением времени квалификация работника может устаревать. В связи с этим существует необходимость систематического повышения квалификации, которое представляет собой не только теоретическое обучение, но и закрепление практических навыков и умений.

Таким образом, квалификационный потенциал не является величиной постоянной, а скорее – это очень динамичная категория, причем изменения могут носить как положительный, так и отрицательный характер.

В связи с вариативностью уровней квалификационного потенциала в различные временные периоды целесообразно ввести понятие «жизненный цикл квалификационного потенциала».

Авторы считают, что понятие жизненного цикла квалификационного потенциала можно сформулировать следующим образом – это период, начинающийся с момента зарождения или формирования квалификационного потенциала и заканчивающийся выходом работника из сферы профессиональной деятельности. В этот период происходит колебание уровня ква-

лификационного потенциала, обусловленное с одной стороны уровнем профессиональных качеств работника, а с другой – динамикой научно-технического прогресса.

Авторы предлагают выделить пять стадий жизненного цикла квалификационного потенциала: начальная стадия, стадия роста, стадия стабильности, стадия девиации квалификационного потенциала и стадия упадка (рис. 1).

1. Начальная стадия – на этой стадии квалификационный потенциал начинает формироваться путем получения профильного образования в учебном заведении. На данном этапе формируется в основном теоретическая основа – студенты изучают большие объемы информации, включающие в себя историю развития изучаемой дисциплины, основополагающие теории и аксиомы, открытия в изучаемой области, степень изученности вопросов и проблемы, с которыми сталкивались ученые, современное состояние отрасли, инновации и т.д. В результате у студента формируется определенный набор профессиональных компетенций, соответствующих профессиональным стандартам.

2. Стадия роста – квалификационный потенциал, сформированный на первой стадии, обязательно должен подкрепляться практическими умениями и опытом. Поэтому работа в выбранной сфере профессиональной деятельности будет являться способом получения практических навыков. На этом этапе

формируется профессионализм – ставятся профессиональные цели, приобретается практический профессиональный опыт, а также расширяются и углубляются профессиональные знания, полученные на первой стадии. На рост квалификационного потенциала влияют факторы внешней среды (политические, экономические, социальные), и внутренние (организация производственного процесса на конкретном предприятии, структура управления и методы управления), а также мотивы и стимулы конкретного работника [6, с. 128].

3. Стадия стабильности – эта стадия характеризуется высоким профессионализмом работника, глубиной его профессиональных знаний и умений. Работник в совершенстве владеет актуальной информацией, передовыми практическими разработками в своей отрасли. По времени стадия стабильности не может длиться долго – в связи с развитием науки и техники повышаются требования к квалификации специалистов, постепенно устаревают профессиональные знания.

4. Стадия девиации – данная стадия характерна для всех видов профессиональной деятельности и состоит из цикла колебаний уровня профессиональных компетенций. В определенный период наступает некоторое снижение квалификационного потенциала работника. В различных отраслях снижение происходит неравномерно – чаще всего возникает в отраслях с быстро изменяющимися технологиями. Для дальнейшего успешного функционирования в сфере профессиональной деятельности работник должен развивать квалификационный потенциал. Это развитие происходит более быстрыми темпами, чем на стадии роста, так как у работника уже имеется определенная теоретическая и практическая подготовка, а также опыт работы в профессиональной сфере. Развитие достигается через профессиональное обучение, переобучение, прохождение курсов повышения квалификации, а также эффективные тренинги и практические занятия.

Циклические колебания уровня квалификационного потенциала могут и должны постоянно повторяться, в связи с чем достигается максимально возможное увеличение жизненного цикла, который представляет собой последовательность изменений состояния квалификационного потенциала (в оптимальном варианте – в сторону совершенствования).

5. Стадия упадка – данная стадия обусловлена психофизиологическими особенностями человека и возникает в период окончания про-

фессиональной деятельности, когда работник находится в пенсионном или предпенсионном возрасте. У него снижается мотивация для развития профессиональных компетенций, обучение и курсы повышения квалификации проводятся все реже. Квалификационный потенциал работника останавливается на определенном уровне развития, при этом научно-технический прогресс продолжает наращивать темп. К моменту выхода работника из сферы профессиональной деятельности он имеет квалификационный потенциал, не соответствующий актуальным требованиям к профессии.

ОБЪЕКТИВНЫЕ ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ КВАЛИФИКАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РАБОТНИКОВ

В настоящее время стоит уделить особое внимание подходу, учитывающему развитие трудового потенциала работников через повышение квалификационного.

«Капиталовложения, связанные с привлечением лучшей по качеству рабочей силы, ее непрерывным обучением, поддержанием в трудоспособном состоянии и даже с созданием условий для более полного выявления возможностей и способностей, заложенных в личности, с последующим их развитием» являются экономически целесообразными [10, с. 19].

Можно выделить следующие факторы, которые определяют необходимость постоянного совершенствования квалификационного потенциала работников:

1. Научно-технический прогресс. Он оказывает сильнейшее влияние на деятельность современных предприятий. Чтобы соответствовать постоянно меняющимся требованиям к профессиональным компетенциям, обусловленным совершенствованием технико-технического процесса, работники должны проходить дополнительное обучение, повышение квалификации, а также курсы и тренинги. «Образование через всю жизнь» – такой подход преобладает в экономике. Развитие технологий требует повышения квалификации персонала, и вместе с тем повышение уровня квалификации персонала также требует соответствующих прогрессивных технологий производства.

2. Конкуренция на рынке труда. Независимо от выбранной специализации, каждый работник желает эффективно трудиться и получать от результатов работы материальное вознаграждение и моральное удовлетво-

Таблица 2

Уровни квалификации и пути их достижения

Уровни	Основные пути достижения уровня квалификации
1 уровень	Краткосрочное обучение или инструктаж Практический опыт
2 уровень	Основные программы профессионального обучения программы профессиональной подготовки по профессиям рабочих, должностям служащих, программы переподготовки рабочих, служащих (как правило, не менее 2 месяцев) Практический опыт
3 уровень	Основные программы профессионального обучения – программы профессиональной подготовки по профессиям рабочих, должностям служащих, программы переподготовки рабочих, служащих, программы повышения квалификации рабочих, служащих (до одного года) Практический опыт
4 уровень	Образовательные программы среднего профессионального образования - программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих) Основные программы профессионального обучения - программы профессиональной подготовки по профессиям рабочих, должностям служащих, программы переподготовки рабочих, служащих, программы повышения квалификации рабочих, служащих Практический опыт
5 уровень	Образовательные программы среднего профессионального образования - программы подготовки специалистов среднего звена, программы подготовки квалифицированных рабочих (служащих). Основные программы профессионального обучения – программы профессиональной подготовки по профессиям рабочих, должностям служащих, программы переподготовки рабочих, служащих, программы повышения квалификации рабочих, служащих Дополнительные профессиональные программы Практический опыт
6 уровень	Образовательные программы высшего образования - программы бакалавриата Образовательные программы среднего профессионального образования - программы подготовки специалистов среднего звена Дополнительные профессиональные программы Практический опыт
7 уровень	Образовательные программы высшего образования – программы магистратуры или специалитета Дополнительные профессиональные программы Практический опыт
8 уровень	Программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), программы ординатуры, программы ассистентуры-стажировки Образовательные программы высшего образования – программы магистратуры или специалитета Дополнительные профессиональные программы Практический опыт
9 уровень	Программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), программы ординатуры, программы ассистентуры-стажировки Дополнительные профессиональные программы Практический опыт

рение. Все это реализуется посредством карьерного роста, гарантом которого становится высокий уровень квалификационного потенциала – чем он выше, тем больше шансов на успешную трудовую деятельность.

3. Удовлетворение потребностей личности. Каждый работник – это личность, имеющая свои потребности. Возможность их удовлетворения во многом зависит от выбранного направления деятельности, трудовой активности. Чем целенаправленнее работник, тем больше он тратит ресурсов на свое развитие, так как понимает, что самосовершенствование и саморазвитие позволят добиться лучших результатов.

4. Психологические факторы. Важную роль играет удовлетворенность сотрудника трудовой деятельностью: повышение квалификации позволяет узнавать новое и не дает трудовому процессу стать шаблонным, монотонным и неинтересным. Отсутствие творческого аспекта в работе снижает эффективность труда сотрудника.

ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ КВАЛИФИКАЦИИ КАК СПОСОБА РЕГУЛИРОВАНИЯ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦИАЛА РАБОТНИКОВ

Проблемой определения уровня квалификации работников в последние годы активно занимается Правительство РФ, понимая настоятельную потребность в квалифицированных кадрах для наращивания экономической мощи страны.

«В настоящее время в нашей стране ведется большая работа по созданию эффективной национальной системы квалификаций, отвечающей не только потребностям сегодняшнего дня, но и учитывающей те изменения, контуры которых можно увидеть уже сейчас» [5, с. 3].

Россия заимствует опыт развитых стран: Великобритании, Канады, Австралии, Германии.

Национальные профессиональные стандарты Великобритании позволяют оценивать качество рабочей силы; в Канаде национальные профессиональные стандарты применяются в сертификации профессиональной деятельности и способствуют формированию системы развития работников; в Австралии профессиональные стандарты возникли в связи с формированием системы профессиональной подготовки, что «предполагало разработку и использование единых для всех регионов принципов, подходов и инструмен-

тов функционирования и развития профессионального образования» [7, с. 38].

«Австрийская рамка квалификаций (Austrian Qualifications Framework) включает 10 уровней (1-4 – сертификаты, свидетельства, подтверждающие квалификацию, 5 – диплом, 6 – диплом младшего специалиста, 7 – степень бакалавра, 8 – ученая степень, 9 – степень магистра, 10 – докторская степень)» [9, с. 29].

Европейская рамка квалификаций включает в себя 8 уровней, каждый уровень характеризуется тремя понятиями: знания, умения, широкие компетенции. Уровни с 5 по 8 относятся к высшему образованию (третичное не-университетское, степень бакалавра, степень магистра, докторская степень).

В России рамка квалификаций утверждена Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 12 апреля 2013 года № 148н «Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов».

Показателями уровня квалификаций являются следующие признаки: полномочия и ответственность, характер умений, характер знаний.

«Широта полномочий и ответственность» определяется через степень самостоятельности в трудовой деятельности, долю автономной работы без кураторства более квалифицированных кадров.

«Характер умений» характеризуется такими особенностями профессиональной деятельности, как вариативность способов выполнения профессиональных задач, необходимость выбора и разработки этих способов. Здесь отражаются признаки монотонности (рутинности) или креативности применяемых умений.

«Характер знаний» – это требования к знаниям, которые необходимы для выполнения профессиональных задач. Это показатель объема и сложности используемой информации, инновационность применяемых знаний.

Российская рамка квалификаций содержит 9 уровней. Основные пути достижения уровней квалификаций, утвержденные Министерством труда и социальной защиты РФ, представлены в табл. 2 [2].

Таким образом, Россия заимствует опыт развитых стран и начинает внедрять профессиональные стандарты на российский рынок.

Опыт европейских стран необходимо адаптировать под российскую действительность, поэтому разработка профессиональных стандартов – процесс длительный и сложный.

Идет работа по созданию национальной системы профессиональных квалификаций, которая направлена на решение следующих задач:

1. Взаимодействие сферы образования и сферы труда.
2. Обеспечение непрерывности образования работников в течение всей трудовой деятельности.
3. Разработка образовательных стандартов и программ обучения с учетом актуальных требований рынка.
4. Обеспечение единых требований к качеству и содержанию профессиональной деятельности.
5. Независимая и прозрачная оценка квалификации.
6. Помощь в профессиональной ориентации и профессиональном отборе населения.

Для достижения данных задач указом Президента РФ создан национальный совет при Президенте РФ по профессиональным квалификациям.

Данная законодательная деятельность направлена на повышение квалификационного потенциала работников, постоянное обучение и прохождение курсов повышения квалификации, чтобы специалисты были конкурентоспособными, владели актуальной и современной информацией по предмету своей специализации, и могли предлагать новые подходы (способы) выполнения трудовых функций и развивать отрасли.

Одной из задач создания национальной системы профессиональных квалификаций является независимая и прозрачная оценка квалификации работников. Для решения этой задачи разработан Федеральный Закон № 238-ФЗ «О независимой оценке квалификаций», который вступил в силу с 1 января 2017 года. Для того, чтобы определить уровень квалификации сотрудника, будет проводиться независимая оценка, под которой понимается «процедура подтверждения соответствия квалификации соискателя положениям профессионального стандарта или квалификационным требованиям, установленным федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации» [1].

Проводить оценку будут центры оценки квалификаций, которые пройдут отбор Национального совета по квалификациям и получат лицензию на данный вид деятельности. Проводить оценку квалификации могут все желающие соискатели (на платной основе, за счет соискателя или за счет работодателя), при

успешной сдаче экзаменов они получают свидетельство о квалификации, а данные вносятся в Федеральный реестр.

Такая форма проверки уровня квалификации работников является отличным стимулом для сотрудников, мотивирует на постоянное расширение своих профессиональных компетенций, то есть непрерывное повышение квалификационного потенциала, а работодатели в процессе закрытия вакансий гарантированно получают высококвалифицированного специалиста. К тому же работодатель получает возможность изменять уровень заработной платы на основании объективных характеристик (уровня квалификации, указанного в сертификате).

Таким образом, при помощи независимых центров оценки квалификации происходит добровольная аттестация и сведения об уровне теоретической подготовки испытуемого и его практических умениях вносятся в добровольную независимую базу данных – в данном случае в Федеральный реестр.

Стоит отметить, что определение уровня квалификации работников разных отраслей будет отличаться в связи с объективными особенностями производства, которые находят отражение в профессиональных стандартах, в настоящее время разрабатываемых правительством.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ КВАЛИФИКАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА.

Авторы считают, что объективно обосновано было бы дополнить Федеральный реестр другими характеристиками квалификационного потенциала соискателей (работников):

1. Стаж. Важной для потенциального работодателя была бы информация о стаже работника: общем и по специальности, а также количество перемещений между разными организациями и причины этих перемещений.

2. Дополнительное образование. Актуальными являются документы о прохождении дополнительного обучения, которые могут характеризовать сотрудника как разностороннюю личность (т.е. документы о получении образования в другом виде деятельности, отличном от того, по которому имеется квалификационный сертификат). При наличии подобного рода документов работодатель может сделать вывод о широте компетенций сотрудника.

3. Информация о научных достижениях. Эта информация говорит о том, что работник

является не просто исполнителем, а проявляет в работе творческую активность – разрабатывает или совершенствует имеющиеся технологии производства, анализирует актуальные проблемы на производстве и предлагает пути разрешения этих проблем. Работник может иметь публикации в научных журналах, а также патенты на изобретения.

Вышеназванные характеристики квалификационного потенциала работника позволят сформировать объективное мнение об уровне его компетенций, а квалификационный сертификат подтвердит соответствие квалификации профессиональным стандартам.

В разрезе предоставленной полной информации о работнике возможно применение рейтинговой системы. По каждой характеристике работнику присваивается определенное количество баллов, которые складываются в общий балл. Чем выше балл, тем более высокую квалификацию имеет работник и тем большей мобильностью и конкурентоспособностью он обладает.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На данный момент практически все отрасли производства (или сферы оказания услуг) испытывают нехватку квалифицированных кадров. Возникшая ситуация обусловлена несколькими причинами: во-первых, огромное количество специалистов работают не по профилю полученного образования; во-вторых, образовательные стандарты и программы обучения не всегда соответствуют сфере приложения труда; в-третьих, отсутствует мотивация работников в повышении квалификационного потенциала путем непрерывного образования.

Решением проблемы нехватки квалифицированных кадров может стать независимая оценка квалификационного уровня сотрудников, разработкой которой в настоящее время занимается правительство страны, а также дополнение этой оценки другими важными характеристиками. Вышеназванные нововведения будут способствовать увеличению продолжительности жизненного цикла квалификационного потенциала и мотивировать работников на развитие профессиональных компетенций.

Дальнейшая работа по этим направлениям будет способствовать повышению качества производимой продукции, процессу импортозамещения, развитию научно-технического прогресса, а также усилению конкурентоспособности российских товаров и услуг.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный закон от 03.07.2016 г. № 238-ФЗ «О независимой оценке квалификации» // Справочная правовая система КонсультантПлюс.
2. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 12.04.2013 г. № 148н «Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов» // Справочная правовая система КонсультантПлюс.
3. Генкин, Б.М. Мотивация и организация эффективной работы (теория и практика): монография [Текст] / Б.М. Генкин. – М. : Норма : ИНФРА-М, 2011. – 352 с.
4. Гурьян, Л.В. К определению роли человеческих ресурсов в непрерывном профессиональном развитии субъекта труда [Текст] / Л.В. Гурьян // Российское предпринимательство. – 2013. – № 20 (242). – С. 4-12.
5. Зайцева, Н.А., Ушанов, Ю.В. Национальная система профессиональных квалификаций: организационно-методические основы создания: монография [Текст] / Н.А. Зайцева, Ю.В. Ушанов. – М. : РУСАЙНС, 2016. – 184 с.
6. Маклакова Е.А. Квалификационный потенциал: понятие, жизненный цикл и факторы, влияющие на его развитие [Текст] / Е.А. Маклакова // Вестник ЛГУ им. А.С. Пушкина. – 2011. – №3. – С.123-129.
7. Прянишникова, О.Д., Лейбович, А.Н. Профессиональные стандарты: краткий обзор зарубежного опыта [Текст] / О.Д. Прянишникова, А.Н. Лейбович // Промышленник России. – 2008. – № 3. – С. 37-41.
8. Струмилин, С.Г. Проблемы экономики труда [Текст] / С.Г. Струмилин. – М. : Наука, 1982. – 472 с.
9. Чердакова, А.В. Совершенствование управления повышением квалификации работников в сфере торговли: автореф. дис. ... канд. экон. наук (08.00.05) / Чердакова Алла Валерьевна ; ФГБУ «Науч.-исслед. ин-т труда и соц. страхования». – М., 2015. – 148 с.
10. Шабурова, А.В. Воспроизводство трудового потенциала работников в системе повышения квалификации : монография [Текст] / А.В. Шабурова. – Новосибирск : СГГА, 2007. – 179 с.
11. Becker G.S. (1964). Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis. N.Y. P. 1.
12. Schultz T. (1960). Capital Formation by Education. The Journal of Political Economy. Vol. 68. P. 571.

FEATURES OF COMPETENCY MANAGERIAL PERSONNEL

Abstract. The problems of skilled personnel shortage meeting current and strategic needs of national economics are discussed in this paper. The factors defining the necessity of constant qualification potential improvement are examined. The context of life cycle of qualification potential and its main stages are specified and updated. In this paper we compared national job standards of several countries as well as their current qualifications frameworks. The main branches of government's work to create effective national qualification system are analyzed. Also the authors offer the ideas of adding employees' qualification potential characteristics for its deeper assessment.

The article analyzes the main directions of the RF Government on creation of the effective national system of qualifications, the authors also provide suggestions on how to complement the characteristics of the qualification potential of employees for more in-depth evaluation.

Key words: staff qualifications, assessment of qualifications, the national system of professional qualifications, life-cycle qualification level.

REFERENCES

1. Federal act dated 03.07.2016 № 238-ФЗ «About independent assessment of qualification» // Legal reference system ConsultantPlus.

2. RF Ministry of Labor and Social Protection Order № 148н dated 12.04.2013 «About stating qualification levels in order to develop job standards drafts» // Legal reference system ConsultantPlus.

3. Genkin B. M. the Motivation and organization of effective work (theory and practice): monograph [Text] / B. M. Genkin. M.: Norma, INFRA-M, 2011. – 352 p.

4. Guryan L. V. To define the role of human resources in the continuous professional development of the labour subject [Text] / L. V. guryan // journal of Russian entrepreneurship. – 2013. – № 20 (242). – P. 4-12.

5. Zaitseva N.A., Ushanov Yu. V., The national system of professional qualifications: organizational-methodical creation bases: the monograph [Text] / Zaitseva N.A., Ushanov Yu. V – M.: RUSCIENCE, 2016. – 184 p.

6. Maklakova, E.A. Qualifying potential: the concept of the life cycle and the factors influencing its development [Text] / E.A. Maklakova // Bulletin of Leningrad State University of A.S. Pushkin. – 2011. – №3. – P.123-129.

7. Pryanishnikova O.D., Leibovich A.N., Professional standards: brief overview of foreign experience [Text] / O.D. Pryanishnikova, A.N. Leibovich // Industrialist of Russia. – 2008. - №3 – P. 37-41.

8. Strumilin, S. G. the Problems of labor Economics [Text] / S. G. Strumilin. – M.: Nauka, 1982. – 9. Cherdakova A.V. Improvement of management of advanced professional training

in trade area [Text] // extended abstract of Cand. Sci. Diss. / A.V.Cherdakova - M, 2015. – 148p.

10. Shaburova A.V. Reproducing labour potential of employees in advanced professional training system: the monograph [Text] / A.V. Shaburova. – Novosibirsk, 2007. – 179 p.

11. Becker G.S. (1964). Human Capital: A Theoretical and Empirical Analysis. N.Y. P. 1.

12. Schultz T. (1960). Capital Formation by Education. The Journal of Political Economy. Vol. 68. P. 571.

Чумаков Александр Иванович (Россия, г. Омск) – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и организация труда» ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» (644050, Россия, Омская область, г. Омск, пр. Мира, 32а), e-mail: 287@yandex.ru.

Левтеева Татьяна Александровна (Россия, г. Омск) – студентка факультета Элитного образования и магистратуры ФГБОУ ВО «Омский государственный технический университет» (644050, Россия, Омская область, г. Омск, пр. Мира, 32а), e-mail: levteeva.tatyana@mail.ru.

Chumakov Aleksandr Ivanovich (Russia, Omsk) – candidate of economic science, Associate Professor of “Economics and organization of work” department, Omsk State Technical University (644050, Russia, Omsk region, Omsk, 32a, pr. Mira) 89136337756, e-mail 287@yandex.ru.

Levteeva Tatiana Alexandrovna (Russia, Omsk) – the student of Faculty of Elite Education and Magistracy, Omsk State Technical University (644050, Russia, Omsk region, Omsk, 32a, pr. Mira) e-mail: levteeva.tatyana@mail.ru.

.....

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ РЕМОНТНОЙ СЛУЖБЫ ПРЕДПРИЯТИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

*А.В. Шимохин
Университет ИТМО, Россия, Россия, г. Санкт-Петербург*

Аннотация. В статье отмечены особенности аутсорсинга ремонта промышленного оборудования, в условиях небольшого предложения и ограниченного ассортимента данных услуг на отечественном рынке промышленного сервиса. Предлагается классификация операций ремонта оборудования, как основа выбора операций для передачи на аутсорсинг. Предлагается схема технологии применения методов отбора операций ремонта на аутсорсинг и оценки эффективности функционирования ремонтной службы.

Рассмотрены существующие механизмы выбора поставщика услуг и критерии их выбора, предложена методика по выбору поставщика услуг промышленного сервиса, приведены характеристики поставщика, которые гарантируют большую вероятность получения качественных услуг. Приведены критерии для выбора поставщика, предоставляющего услуги по ремонту промышленного оборудования.

Ключевые слова: аутсорсинг, ремонт промышленного оборудования, выбор поставщика, промышленный сервис.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях современного развития отечественной промышленности, вопросы организации и экономической эффективности процесса ремонта промышленного оборудования, обеспечивающих стабильное производство приобретают особую актуальность.

Обзор различных источников позволил установить высокий уровень износа станочного парка, который в зависимости от отрасли машиностроения и региона страны составляет от 40 до 80%, что приводит к большим затратам по ТО и Р [1].

В настоящее время развивается отечественный рынок промышленного сервиса. Специализированные организации по ремонту оборудования имеют ресурсы для осуществления качественного ремонта. Однако эти фирмы не всегда имеют возможности осуществлять ремонт в полном объеме, необходимый предприятиям. Кроме того, такие фирмы, зачастую предоставляют услуги промышленного сервиса по определенному типу оборудования или узлов, что также ограничивает ассортимент предоставляемых услуг.

Одним из способов снижения затрат на ремонт и обеспечения качества ремонта является вывод ремонтной службы предприятия на аутсорсинг [2]. При этом в России сложилась практика - создание стороннего предприятия на базе ремонтного подразделения [3]. Одна-

ко в данной ситуации, вышедшая на сторону ремонтная служба сталкивается со многими организационными вопросами. Кроме того штат сотрудников остаётся прежний, т.е. качество работ может не измениться, а стоимость ремонта повысится. Существующие методы отбора процессов на аутсорсинг не позволяют выделить определенные операции или подпроцессы ремонтной службы, для передачи на аутсорсинг. Процесс ремонта оборудования для машиностроительных предприятий является второстепенным процессом и зачастую неконкурентоспособным, затратным и весь процесс передается на аутсорсинг. Однако, выгоднее может быть выделять в процессе ремонта - операции. В статье предлагается классификация операций ремонта оборудования и описывается схема технологии применения методов отбора операций ремонта на аутсорсинг, а также критерии для выбора поставщика услуг промышленного сервиса.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОПЕРАЦИЙ РЕМОНТА ОБОРУДОВАНИЯ

С учетом анализа организации ремонта оборудования, операций применяющихся при выполнении ремонта и услуг предоставляемых по этим операциям поставщиками, предлагается классификация операций ремонта оборудования (таблица 1). На основе данной классификации и алгоритма [4] становится

Таблица 1

Классификация операций ремонта оборудования

Техническое обслуживание и ремонт					
По соответствию требованиям нормативов времени и качеству	По трудоемкости	По масштабу	По видам обслуживаемого оборудования	По способам выполнения ремонта	По цели работы
Превышает среднее время ремонта по нормативам	Текущий (t1)	Ремонт одного определенного вида оборудования	Механическая часть универсального станка (v1)	Сварочные работы (s1)	Восстановление работоспособности (c1)
Некачественный ремонт	Средний (t2)	Ремонт группы оборудования	Электрическая часть универсального станка (v2)	Механическая и слесарная обработка (s2)	Модернизация объекта (c2)
Соответствует как по времени так и по качеству	Капитальный (t3)	Ремонт в целом по предприятию	Механическая часть станка ЧПУ(v3)	Наплавка (s3)	Диагностирование (c3)
			Электрическая часть станка ЧПУ(v4)	Гальванические операции(s4)	Смазка (c4)
			Гидравлическая часть станка (v5)	Термообработка (s5)	Регулировка (c5)
				Восстановление под давлением(s6)	Осмотры (c6)
				Замена деталей гидросистемы (s7)	
				Замена электрических систем (s8)	

возможным выбор и передача отдельных операций ремонта на аутсорсинг. Параметры выбора подробно описаны в [4]. Они позволяют учитывать такие характеристики операций ремонта как: трудоёмкость и наработка до отказа. Первый параметр позволяет рассчитать затраты на ремонт от объема, сложности работ. Второй выражает качество ремонта оборудования, и как часто возникает необходимость в тех или иных операциях ремонта. Что в конечном итоге также выражается в затратах. Данная классификация позволила реализовать

алгоритм выбора операций ремонта оборудования для передачи на аутсорсинг [4], который выполняется с целью снижения затрат на вспомогательный процесс предприятия – ремонт оборудования.

Снижение затрат на ремонт достигается за счет оптимального выбора операций ремонта для передачи на аутсорсинг, который в свою очередь стал возможен за счёт того, что на аутсорсинг отбираются операции, характеризующиеся большой трудоёмкостью и частотой использования. В статье [4] описан способ

классификации оборудования по коэффициенту вариации наработки до отказа, который отражает, как часто оборудование нуждалось в ремонте и при его значениях больше 25% оборудование характеризуется плохим техническим состоянием – это означает, что ремонтная служба предприятия не может обеспечить требуемый уровень качества ремонтных работ, возможные причины этого описаны далее в настоящей статье. Для выбора поставщика услуг по ремонту оборудования необходимо разработать критерии выбора и способ их расчета.

МЕТОДИКА ВЫБОРА ПОСТАВЩИКА УСЛУГ ПРОМЫШЛЕННОГО СЕРВИСА

Руководству предприятия необходимо выбирать цели аутсорсинга ремонта оборудования. Перечень возможных целей аутсорсинга приведен в [4,5,6].

Если выбрана основной целью «сосредоточиться на основных видах деятельности», то необходимо предусмотреть возможность передачи освободившихся ресурсов (персонал, оборудование) ремонтной службы в основное производство.

Цель «использовать навыки, опыт, знания, материальные ресурсы собственной ремонтной службы для получения дополнительной прибыли» предполагает использование уникальных ресурсов (навыки и знания персонала, оборудование) для получения дополнительной прибыли.

Цели «повышение уровня качества ремонта» и «снижение затрат, связанных с вспомогательными производствами» предполагают, что оставшиеся ресурсы ремонтной службы направляются на выполнение ремонтов.

Также особое внимание стоит уделять таким характеристикам поставщика услуг промышленного сервиса, как возможность проведения диагностирования и номенклатура услуг, т.е. все виды ремонта, которые может выполнить поставщик услуг на период договора. Использование поставщиком средств диагностирования повышает вероятность качественного ремонта.

В настоящее время развиваются механизмы выбора поставщика. Так в работах [7,8] предлагается оценивать поставщика услуг по параметрам: способность организации реагировать на изменения потребностей заказчика, соответствие аутсорсера требованиям заказчика, оценивание опыта работы аутсорсера и количества обслуживаемых организаций, вы-

явление требований к контакту, анализ навыков организации в других областях.

Для оценки критерия предлагается применять экспертный метод. Тогда уровень надежности поставщика определится по формуле:

$$Kn = \frac{\sum_{i=1}^k w_i * M_i}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (1)$$

где w_i - вес i -го критерия; $i=\{1..k\}$;

M_i - значение i -того критерия;

k - количество критериев.

Диапазоны значения коэффициента надежности поставщика [9] и их описание скорректированы в таблице 2 с учетом специфики услуг промышленного сервиса.

Таким образом, предприятие при выборе поставщика может ориентироваться на организацию с наибольшим показателем коэффициента уровня надежности.

Можно выделить следующие критерии для выбора поставщика услуг по ремонту оборудования:

- Известность на рынке: предприятие с плохой репутацией 1-2 балла; известное предприятие с плохой репутацией 3-4 балла; малоизвестное предприятие 5-6 балла; хорошо известное предприятие 7-8 балла; широко известное предприятие 9-10 балла.

- Уровень работы с клиентом: предприятие имеет невысокий уровень работы с клиентом 1-2 балла (большое время ожидания и выполнения ремонта); предприятие имеет низкий уровень работы с клиентом 3-4 балла; предприятие имеет средний уровень работы с клиентом 5-6 балла; предприятие имеет хороший уровень работы с клиентом 7-8 балла; предприятие имеет отличный уровень работы с клиентом 9-10 балла.

- Наличие крупных предприятий в клиентах поставщика: отсутствие клиентов 1-2 балла; малое количество клиентов 3-4 балла; большое количество клиентов 5-6 балла; малое количество клиентов, включая крупные предприятия 7-8 балла; большое количество клиентов, включая крупные предприятия 9-10 балла.

- Имидж предприятия: в основном отрицательные отзывы 1-2 балла; мало отзывов либо есть отрицательные 3-4 балла; наличие положительных и отрицательных отзывов (50/50) 5-6 балла; малое количество отзывов в основном положительные 7-8 балла; отзывов много и в основном положительные 9-10 балла.

- Опыт работы организации в данной сфере услуг: наличие претензий клиентов 1-2 балла;

Таблица 2

Значения коэффициента надежности поставщика и шкала описание поставщика

Кп, баллы(от и до вкл- но)	Описание	Пояснение
9-10	Абсолютно надежный поставщик	Большой опыт работы на рынке промышленного сервиса, отличная репутация, среди клиентов есть крупные машиностроительные организации.
8-9	надежный поставщик	Достаточный опыт работы на рынке промышленного сервиса, отличная репутация.
7-8	Сравнительно надежный поставщик	Умеренный опыт работы на рынке промышленного сервиса, большинство отзывов – положительные.
5-7	Сравнительно ненадежный поставщик	Малый опыт работы на рынке промышленного сервиса, имеются как положительные, так и отрицательные отзывы.
3-5	Ненадежный поставщик	Большинство отзывов- отрицательные, небольшое число клиентов.
0-2	Абсолютно ненадежный поставщика	Отсутствие опыта, небольшое число клиентов.

предприятие не имеет опыта выполнения услуг по ремонту, либо он малозначителен – 3-4 балла; предприятие имеет положительный и отрицательный опыт 5-6 балла; предприятие имеет положительный опыт при небольшом количестве выполненных услуг за время своей работы на данном рынке 7-8 балла; предприятие имеет положительный опыт 9-10 балла.

**СХЕМА ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ
МЕТОДОВ ОТБОРА ОПЕРАЦИЙ
РЕМОНТА НА АУТСОРСИНГ И
ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЕМОТНОЙ
СЛУЖБЫ**

В условиях повышенного износа оборудования, малого количества поставщиков услуг промышленного сервиса система плано-предупредительного ремонта неэффективна. [5]. Для совершенствования организации ремонтной службы предлагается обобщающая схема ремонта на аутсорсинг и оценки эффективности функционирования ремонтной службы, технологии применения методов отбора операций содержащая также контрольный блок, который позволит определить степень достижения цели ремонта промышленного оборудования и выполнить

оценку качества ремонта, позволит вносить корректировки в условия договора аутсорсинга (рисунок 1).

Начальный этап технологии связан с определением цели организации ремонта промышленного оборудования с использованием частичного аутсорсинга.

На следующем этапе выполняется оценка параметров и происходит идентификация групп оборудования, по которым принимается решение о выводе на аутсорсинг ремонта определённой группы оборудования. Разработанная классификация оборудования и алгоритм отбора операций ремонта на аутсорсинг описаны в статье [4].

При отборе ремонта групп оборудования рассматриваются условия организации ремонта, при которых оценивается возможность выполнения качественного ремонта на базе ремонтной службы предприятия и фирмы-поставщика. При этом, для выполнения качественного ремонта на базе ремонтной службы предприятия, необходимо наличие компетентного персонала и оборудования (блок Б).

В случае отсутствия оборудования сравниваются затраты на ремонт, выполняемый ремонтной службой предприятия с учетом затрат на приобретение необходимого оборудования и услуг поставщика, по формулам.

Расчет затрат на ремонт оборудования:

$$C = C_{or} + C_m + C_{ao} \quad (2)$$

где C_{om} – затраты на оплату труда;
 C_m – затраты на материалы, необходимые для выполнения ремонта;
 C_{ao} – амортизационные отчисления.

$$C_m = \sum_{p=1}^L C_m \times \left(\sum_{i=1}^j \frac{N_i \cdot R_i}{T_{ui}} \cdot e \cdot g \cdot (n_{Ti} \cdot a + n_{spi} \cdot v + n_{ki}) \right) \quad (3)$$

где C_m – стоимость р-го материала; $p \in \{1..L\}$;
 j – количество моделей оборудования; $i \in \{1..j\}$;
 N_i – количество оборудования i-й модели;
 R_i – категория ремонтосложности оборудования i-й модели;
 T_{ui} – межремонтный цикл i-й модели оборудования, ч.;
 e – коэффициент расхода материалов на межремонтное обслуживание i-й модели оборудования;
 g – коэффициент, расхода на один капитальный ремонт i-й модели оборудования;
 n_T – количество текущих ремонтов оборудования i-й модели в рассматриваемом периоде;
 a – коэффициент, характеризующий соотношение расхода материала, расходуемого при текущем и капитальном ремонте оборудования i-й модели;
 n_{sp} – количество средних ремонтов оборудования i-й модели в рассматриваемом периоде;
 v – коэффициент, характеризующий соотношение нормы расхода материала при среднем и капитальном ремонте оборудования i-й модели;
 n_k – количество капитального ремонта оборудования i-й модели в рассматриваемом периоде.

$$C_{om} = \sum_{m=1}^h C_m \left(\sum_{i=1}^j \left(\frac{N_i \cdot R_i}{T_{ui}} \cdot (n_{Ti} + n_{spi} + n_{ki} + n_{oi}) \right) \right) \quad (4)$$

где C_T – тарифная ставка работника; h – количество работников;
 $m \in \{1..h\}$; j – количество моделей оборудования; $i \in \{1..j\}$;
 N_i – количество оборудования i-й модели;
 R_i – категория ремонтосложности оборудования i-й модели;

T_{ui} – межремонтный цикл i-й модели оборудования, ч.;

n_T, n_{spi}, n_{ki} – количество текущего, среднего и капитального ремонта оборудования i-й модели в плановом периоде;

n_{oi} – количество осмотров оборудования i-й модели в плановом периоде.

Затрат на услуги аутсорсера (А) определяются как:

$$A = \sum_{\chi=1}^y \sum_{\lambda=1}^v \sum_{\beta=1}^s C_{\lambda v s} N_{\lambda v s} + \sum_{c=1}^o C_c N_c \quad (5)$$

где C_s – стоимость услуг по s-му способу выполнения ремонта аутсорсером, в v-м виде обслуживаемого оборудования, у-го ремонта
 s – количество способов выполнения ремонта (сварочные работы s1, механическая и слесарная обработка s2, наплавка s3, гальванические операции s4, термообработка s5, восстановление под давлением s6, замена изношенных деталей s7, замена деталей гидросистемы s8, замена электрических систем s9);
 $\beta \in \{1..s\}$; v – количество видов обслуживаемого оборудования в рассматриваемом виде ремонта (механическая часть универсального оборудования v1, электрическая часть универсального оборудования v2, механическая часть станка ЧПУ v3, электрическая часть станка ЧПУ v4, гидравлическая часть станка v5);
 $\lambda \in \{1..v\}$; N_s – количество услуг; y – количество ремонтных операций; $\chi \in \{1..y\}$;
 C_c – стоимость услуг по цели работ (модернизация c2, диагностирование c3, регулировка c4, осмотр c5), выполняемых аутсорсером;
 N_c – количество услуг по цели работы (модернизация, диагностирование, регулировка, осмотр); o – количество услуг по цели работ; $c \in \{1..o\}$.

$$C_{ao} = \sum_{n=1}^w C_n, \quad (6)$$

где C_n – величина амортизационных отчислений для n-го оборудования;

При выполнении условия(7) принимается решение о аутсорсинге:

$$C_{om} + C_m + C_{ao} > C_{om} + C_m + A \quad (7)$$

Аутсорсинг ремонта применяется в следующих случаях: при отсутствии компетентного персонала, при сильном износе оборудования ремонтной службы, которое не дает возможности осуществить качественный ремонт, при отсутствии необходимого оборудования ремонтной службы.

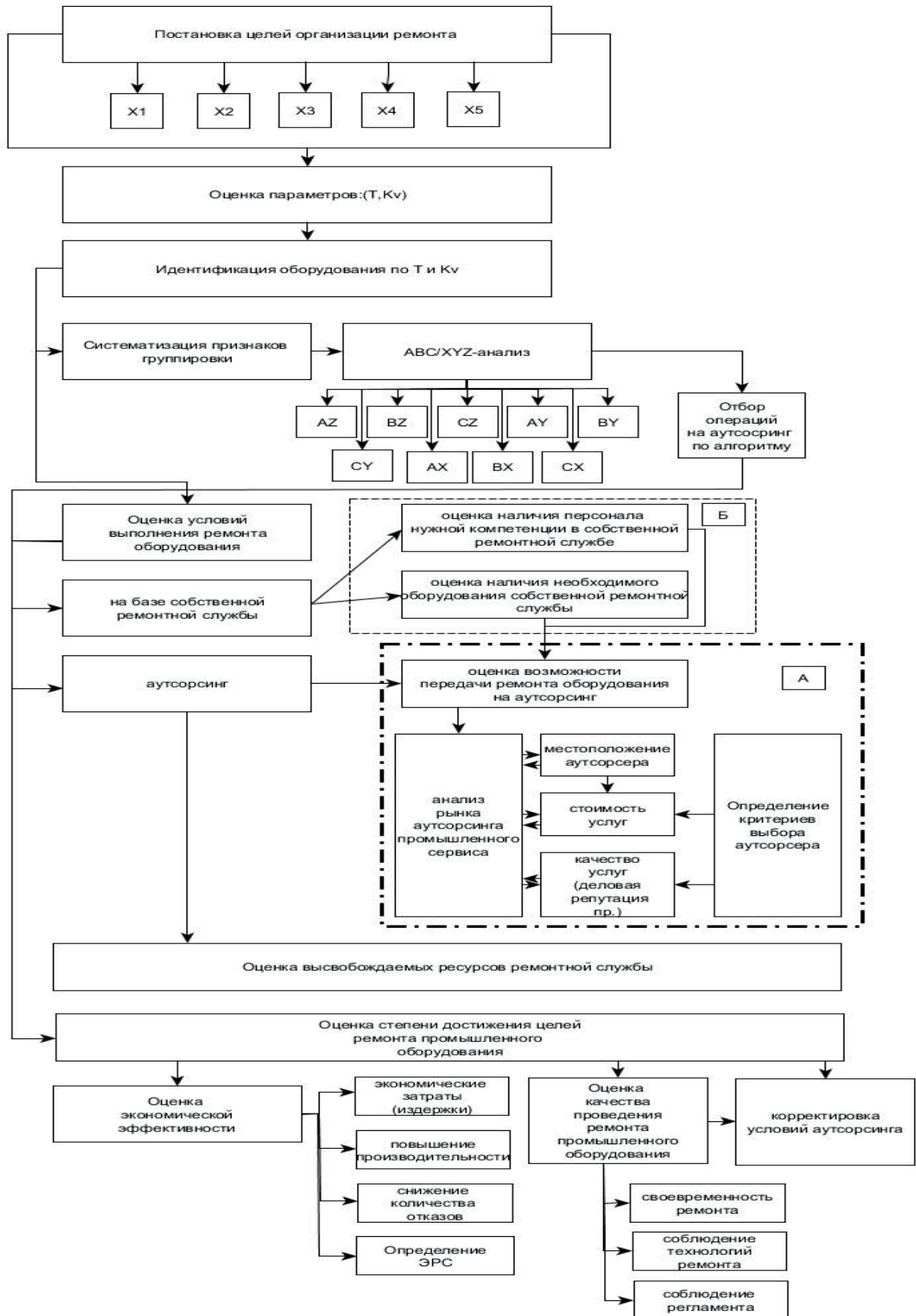


Рис. 1. Схема технологии применения методов отбора операций ремонта на аутсорсинг и оценки эффективности функционирования ремонтной службы

При выполнении условия (7), а также при отсутствии в ремонтной службе компетентного персонала применяется разработанный алгоритм [3] по отбору операций ремонта передаваемых на аутсорсинг, иначе приобретает новое оборудование для собственной ремонтной службы.

Оценка возможности передачи операций ремонта на аутсорсинг (блок А) включает анализа поставщиков по параметрам, описанным в таблице 2. Анализ поставщиков выполняется, в первую очередь, для предприятий региона. При отсутствии в регионе надежных поставщиков ($K_n < 7$, таблица 2), возникает необходимость использовать услуги поставщиков соседних регионов с учетом цен на услуги, имиджа на рынке, а также прочих параметров указанных в методике оценки выборе поставщика.

После выбора поставщика услуг и операций ремонта, передаваемых на аутсорсинг, выполняются перераспределение освободившихся ресурсов (оборудование и персонал) ремонтной службы, которое зависит от выбранных на первом этапе методики.

Контрольный блок в разработанной схеме, позволяет определить степень достижения цели организации ремонта промышленного оборудования с использованием аутсорсинга.

Для оценки качества выполнения ремонта оборудования предлагается использовать критерии, которые характеризуют своевременность ремонта, соблюдение требований к технологиям ремонта. На основе данной оценки появляется возможность выполнения изменения условий аутсорсинга.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Организация ремонта с использованием механизма аутсорсинга, позволяет принимать оптимальные управленческие решения, направленные на рост уровня качества ремонтных работ.

Разработанная классификация операций ремонта позволяет выбрать конкретные операции ремонта оборудования, передающиеся на аутсорсинг. Для совершенствования организации ремонтной службы предложена обобщающая схема технологии применения методов отбора операций ремонта на аутсорсинг и оценки эффективности функционирования ремонтной службы, которая включает отбор операций ремонта на аутсорсинг, выбор поставщика услуг по ремонту, контроль качества выполнения ремонта оборудования.

В условиях аутсорсинга ремонта, руководству организации следует ответственно подхо-

дить к выбору поставщика услуг. В статье рассмотрены параметры, по которым может быть выполнена оценка возможных поставщиков и их выбор. Качественные параметры - наличие услуг по диагностированию оборудования, данные услуги отнесены к отдельному виду работ, которые при использовании современных методов диагностирования в большей степени гарантируют качество предоставляемых услуг, и количество различных услуг промышленного сервиса, предлагаемых поставщиком. Предложены критерии позволяющие принимать обоснованные решения по выбору поставщика услуг промышленного сервиса.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бородулина, С.А. Методы процессного управления сервисной службой промышленного предприятия / С.А.Бородулина, А.В.Шимохин//Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. – 2015. – № 4. – С. 216 – 226.

2. Хаирова С.А. Выбор аутсорсинга и инсорсинга в управлении затратами / С.М.Хаирова, М.К.Шушубаева // Техника и технологии строительства. – 2015. – № 4 (4). – С. 83– 94.

3. Аникин, Б.А. Аутсорсинг: создание высокоэффективных и конкурентоспособных организаций : уч. пособие / Б.А. Аникин ; под ред. Б.А. Аникина. – М. : Инфра – М, 2003. – 187 с.

4. Шимохин, А.В. Методы отбора видов ремонта промышленного оборудования выделяемых на аутсорсинг / А.В.Шимохин // Вестник СибАДИ. – 2016. – №2 (48). – С.184 – 189.

5. Кузнецов, В.М. Реструктуризация предприятия и аутсорсинг / В.М. Кузнецов, Е.А. Колобова, А.Д. Андреев ; под ред. д.э.н. В.Ф. Комарова, к.э.н. Л.А. Сергеевой. – Новосибирск : ИЭОПП СО РАН, 2005. – 112 С.

6. Алдерс, Р. ИТ-аутсорсинг — практическое руководство / Р. Алдерс ; пер. с англ. — М. : Альпина БизнесБук, 2004.

7. Галлямов, А.Н. Аутсорсинг при организации подрядных работ в строительных компаниях: авторефер. дис. ... канд. экон. наук:08.00.05 / Галлямов А.Н. – Тюмень. – 2006.– 22 С.

8. Переверзева, Т.Н. Методика выбора поставщика аутсорсинговых услуг / Т.Н. Переверзева // Менеджмент в России и за рубежом. – 2010. – № 1. – С. 38– 44.

9. Котляров, И. Д. Алгоритм принятия решения об использовании аутсорсинга в нефтегазовой отрасли / И.Д.Котляров // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2010. – № 11. – С. 33– 38.

**Требования по оформлению рукописей,
направляемых в научный рецензируемый журнал «Вестник СибАДИ»**

Для публикации принимаются рукописи по направлениям: **Транспортное, горное и строительное машиностроение; Транспорт; Строительство и архитектура; Информатика, вычислительная техника и управление; Экономические науки.**

Рукопись должна быть оригинальной, не опубликованной ранее в других печатных изданиях, написана в контексте современной литературы, обладать новизной и соответствовать профилю журнала. Автор отвечает за достоверность сведений, точность цитирования и ссылок на официальные документы и другие источники. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи, сотрудниками редакции, членами редколлегии, а также рецензентами данной работы.

1. Заголовок. На первой странице указываются: индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) (размер шрифта 10 пт) – слева в верхнем углу; Далее по центру полужирным шрифтом размером 12 пт прописными буквами печатается название статьи, ниже обычным шрифтом (12 пт.) – инициалы, фамилия автора, место работы и наименование города и страны. **Заглавие авторского материала**, поступающего в редакцию, на русском и английском языках, должно быть адекватным его содержанию и по возможности кратким.

2. Аннотация. Статья должна иметь развернутую аннотацию (не менее 500 символов) на русском и английском языках. Начинается словом «**Аннотация**» с прописной буквы (шрифт полужирный, курсив, 10 пт); точка; затем с прописной буквы текст (курсив, 10 пт). Аннотация не должна содержать ссылки на разделы, формулы, рисунки, номера цитируемой литературы.

3. Ключевые слова размещаются после аннотации, на русском и английском языках (не более 5 семантических единиц).

4. Содержание научной (практической) статьи должны включать:

- **вводную часть**, где автором обосновывается актуальность темы и целесообразность ее разработки, определяются цель и задачи исследования;

- **основную часть статьи**, разделенную на поименованные разделы, где автором на основе анализа и синтеза информации раскрываются процессы и методы исследования проблемы и разработки темы, подробно приводятся результаты проведенного исследования;

- **заключительная часть**, где автором формулируются выводы, даются рекомендации, раскрываются результаты исследования, содержащие научную новизну, указываются возможные направления дальнейших исследований.

По тексту обязательны **ссылки на источники информации** оформляются числами, заключенными в квадратные скобки (например [1]). Библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 и тщательно выверяются. Если ссылка на источник информации в тексте статьи повторяется, то повторно в квадратных скобках указывается его номер из списка (без использования в библиографическом списке следующего порядкового номера и ссылки «Там же»). В случае, когда ссылаются на различные материалы из одного источника, в квадратных скобках указывают каждый раз еще и номер страницы, например, [1, с. 17] или [1, с. 28–29].

5. Библиографический список. Печатается по центру ниже основного текста и через строку помещается пронумерованный перечень источников в порядке ссылок по тексту. Желательно, чтобы для статьи объемом в 5-7 страниц количество ссылок в библиографическом списке было не менее 8. Отсутствие необоснованного самоцитирования: доля ссылок на статьи авторов рукописи, изданные ранее, не должно превышать 25% от общего количества ссылок.

6. Библиографический список на латинице (References).

7. Информация об авторах (на русском / английском языке) Места работы всех авторов, их должности и контактная информация (если есть электронные адреса, обязательно указать их).

Правила оформления рукописи:

Объем рукописи должен быть не менее **5 страниц** и не должен превышать **7 страниц, включая таблицы и графический материал.** Рукопись должна содержать не более 5 рисунков и (или) 5 таблиц. Количество авторов не должно превышать четырех. Формат А4, шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный. **Поля:** верхнее – 3,5 см, остальные – по 2,5. **Основной текст рукописи** набирается шрифтом 10 пт. Все сокращения при первом употреблении должны быть полностью расшифрованы, за исключением общепринятых терминов и математических величин. Информация о грантах приводится в виде сноски в конце первой страницы статьи. **Формулы** необходимо набирать в редакторе формул **Microsoft Equation**. Перенос формул допускаются на знаках «плюс» и «минус», реже – на знаке «умножение». Эти знаки повторяются в начале и в конце переноса. Формулы следует нумеровать (нумерация сквозная по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы. **Рисунки, схемы и графики** предоставляются в электронном виде включенными в текст, в стандартных графических форматах с обязательной подрисуночной подписью, и отдельными файлами с расширением (**JPEG, GIF, BMP**). Должны быть пронумерованы (Таблица 1 – Заголовок, Рисунок 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.**

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;

- **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 ВО «СибАДИ» и авторами;

- **справку о статусе /** месте учебы (если автор является аспирантом).

Решение о принятии к публикации или отклонении рукописи принимается редколлегией.

Редакция направляет авторам статьи, требующих доработки, письмо с текстом замечаний. Доработанная статья должна быть представлена в редакцию не позднее **двух недель**. К доработанной статье должно быть приложено письмо от авторов, содержащее ответы на все замечания и указывающее все изменения, сделанные в статье.

К публикации в одном номере издания принимается не более одной статьи одного автора.

Редакция сохраняет за собой право производить литературную редакцию и коррекцию материалов в соответствии с требованиями современного русского языка и стилем издания без согласования с автором (-ами). При необходимости более серьезных исправлений правка согласовывается с автором (-ами) или статья направляется автору (-ам) на доработку.

Название файлов должно быть следующим: «Статья_Иванова_АП», «Рисунки_Иванова_АП», «РК_Иванова_АП», «РФ_ст_Иванова_АП»

Статьи, направляемые в редакцию, без соблюдения выше перечисленных требований, не публикуются.

Контактная информация:

e-mail: Vestnik_Sibadi@sibadi.org;

Почтовый адрес редакции: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. ФГБОУ ВО «СибАДИ».

Редакция научного рецензируемого журнала

«Вестник СибАДИ»,

научно-исследовательское управление.

Тел. (3812) 65-23-45

Поступившие в редакцию материалы не возвращаются.

Гонорары не выплачиваются.

Статьи аспирантов публикуются бесплатно.

Информация о научном рецензируемом журнале «Вестник СибАДИ» размещена на сайте: <http://vestnik2.sibadi.org>

