



Научно-технический  
журнал

Издается с 2003 года  
Выходит четыре раза в год

№ 2(37) 2012

Апрель-Июнь

# Мир транспорта и технологических машин

Учредитель – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет – учебно-научно-производственный  
комплекс» (Госуниверситет-УНПК)

## Редакционный совет:

**Голенков В.А.** д-р техн. наук, проф.,  
председатель  
**Радченко С.Ю.** д-р техн. наук, проф.,  
зам. председателя  
**Борзенков М.И.** канд. техн. наук, доц  
**Астафичев П.А.** д-р юр. наук, проф.  
**Иванова Т.Н.** д-р техн. наук, проф.  
**Колчунов В.И.** д-р техн. наук, проф.  
**Константинов И.С.** д-р техн. наук,  
проф.  
**Новиков А.Н.** д-р техн. наук, проф.  
**Попова Л.В.** д-р экон. наук, проф.  
**Степанов Ю.С.** д-р техн. наук, проф.

## Главный редактор:

**Новиков А.Н.** д-р техн. наук, проф.  
Зам. главного редактора:

**Катунин А.А.** канд. техн. наук

## Редколлегия:

**Агуреев И.Е.** д-р техн. наук, проф.  
**Бондаренко Е.В.** д-р техн. наук, проф.  
**Глаголев С.Н.** д-р экон. наук, проф.  
**Дидманидзе О.Н.** д-р техн. наук, проф.  
**Корчагин В.А.** д-р техн. наук, проф.  
**Лапин А.П.** д-р техн. наук, проф.  
**Пучин Е.А.** д-р техн. наук, проф.  
**Ременцов А.Н.** д-р пед. наук, проф.  
**Родионов Ю.В.** д-р техн. наук, проф.  
**Демич М.** д-р техн. наук, проф.  
**Ушаков Л.С.** д-р техн. наук, проф.

## Ответственный за выпуск:

**Акимова И.В.**

## Адрес редколлегии:

302030, г. Орел, ул. Московская, 77  
(4862) 73-43-50  
www.gu-unpk.ru  
E-mail: sirm@ostu.ru, srmostu@mail.ru

Зарегистрировано в Федеральной службе  
по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых  
коммуникаций (Роскомнадзор).  
Свидетельство: ПИ № ФС77-47352  
от 03.11.2011г.

Подписной индекс: **16376**  
по объединенному каталогу  
«Пресса России»

© Госуниверситет-УНПК, 2012

## Содержание

### Эксплуатация, ремонт, восстановление

<i>В. И. Посметьев, А. М. Кадырметов, А. В. Макаренко</i> Методика оценки эффективности автомобильного парка по показателям надежности его функционирования.....	3
<i>В. Н. Абрамов, А. А. Чибисов, Г. П. Новиков, В. Б. Каспаров</i> Обоснование рациональной конструкции ограничителей деформации (внутренних опор) «безопасных» колес автотранспортных средств с низким уровнем напряжений.....	11
<i>А. В. Коломейченко, В. З. Павлов, И. С. Кузнецов</i> Определение скорости дрейфа заряженных частиц между электродами при электронской обработке.....	24
<i>Е. В. Агеев</i> Повышение эксплуатационных показателей восстановленных деталей автомобилей на основе научно обоснованных ресурсосберегающих технологий, материалов и устройств.....	32
<i>Л. А. Савин, О. А. Пивоваров, Е. В. Сливинский</i> Расширение функциональных возможностей тепловых дизелей за счет модернизации газораспределительных механизмов.....	42
<i>Ю. В. Родионов, Г. И. Шаронов</i> Формирователь импульсов для конденсаторно-тиристорного модуля зажигания.....	47
<i>Д. А. Бондаренко, А. К. Соколов, А. Н. Чвала</i> Анализ и систематизация методов воздействия на фрикционное состояние колес и рельсов.....	52

### Технологические машины

<i>А. П. Буйносов, И. М. Пышный</i> Восстановление конфигурации профиля бандажей колесных пар промышленных электровозов с помощью наплавки.....	59
<i>О. В. Фомина, В. С. Бузуев, В. И. Чернышев, А. В. Коробко</i> Вынужденные колебания виброзащитной системы технологической машины с фрикционным исполнительным механизмом.....	69
<i>В. М. Земсков, Д. Ю. Кочетов</i> Математическая модель движения вибрационного рабочего наконечника при образовании горизонтальных скважин с учетом вязкого сопротивления грунта.....	75
<i>В. И. Кутейкин, О. А. Лускань, Г. В. Барсуков</i> Математическая модель процесса транспортирования штучных грузов на двухсекционном инерционном роликовом конвейере.....	80
<i>Р. А. Кобзев</i> Определение коэффициента запаса элементов грузоподъемных кранов высоких классов ответственности с использованием методов анализа риска отказа.....	91
<i>М. И. Жуков, М. А. Бурнашов</i> Систематизация траверс для подъема и перемещения крупногабаритных грузов.....	96

### Безопасность движения и автомобильные перевозки

<i>Е. В. Бондаренко, Р. Х. Хасанов, Е. С. Сидорин, В. С. Голованов</i> Обеспечение безопасности автотранспортных средств с учетом технического состояния элементов электрооборудования.....	100
<i>Д. Н. Торгачев, О. И. Морозова</i> Управление инновационным развитием социального транспорта на региональном уровне.....	107

### Образование и кадры

<i>Г. В. Букалова</i> Объекты и функции нормирования результата профессионального образования технического профиля.....	113
<i>И. Е. Ильина, А. А. Юмаева, Н. Р. Бахтеев, О. М. Серова</i> Проблемы подготовки водителей категории «в» и пути их решения.....	117
<i>А. П. Трясцин, Ю. Н. Баранов, А. П. Лапин, А. А. Катунин</i> Теоретические подходы к стратегии подготовки водителей транспортных средств.....	123
<i>Т. А. Козина, Д. А. Искоркин</i> Формирование социокультурной наблюдательности при подготовке специалистов автотранспортного комплекса.....	128

### Экономика и управление

<i>И. М. Блякинштейн</i> Методика оценки конкурентоспособности технологического оборудования для технического сервиса автомобилей.....	133
<i>Е. В. Пухов</i> Основы формирования оперативного учета и управления отходами на предприятиях технического сервиса.....	143



The scholarly  
journal

A quarterly review

№ 2(37) 2012

April-June

# World of transport and technological machinery

Founder - Federal State budget Institution  
higher education  
"State University – Education-Scientific-Production Complex "  
(State University-ESPC)

## Editorial Council:

V.A. Golenkov *Doc. Eng., Prof.*

S.Y. Radchenko *Doc. Eng., Prof.*

*Vice-Chairman*

M.I. Borzenkov *Can. Eng., Prof.*

P.A. Astafichev, *Doc. Law., Prof.*

T.N. Ivanova, *Doc. Eng., Prof.*

V.I. Kolchunov *Doc. Eng., Prof.*

I.S. Konstantinov *Doc. Eng., Prof.*

A.N. Novikov *Doc. Eng., Prof.*

L.I. Popova *Doc. Ec., Prof.*

Y.S. Stepanov *Doc. Eng., Prof.*

## Editor-in-Chief

Novikov A.N. *Doc. Eng., Prof.*

*Editor-in-Chief Assistants*

Katunin A.A. *Can. Eng.*

## Editorial Board:

I.E. Agureyev *Doc. Eng., Prof.*

E.V. Bondarenko *Doc. Eng. Prof.*

S.N. Glagolev *Doc. Ec., Prof.*

O.N. Didmanidze *Doc. Eng. Prof.*

V.A. Korchagin *Doc. Eng. Prof.*

A.P. Lapin *Doc. Eng., Prof.*

E.A. Puchin *Doc. Eng., Prof.*

A.N. Rementsov *Doc. Ped., Prof.*

Y.V. Rodionov *Doc. Eng., Prof.*

M. Demic *Doc. Eng., Prof.*

L.S. Ushakov *Doc. Eng., Prof.*

## Person in charge for publication:

I.V. Akimochkina

## Editorial Board Address:

302020, Orel, Moskovskaya Str, 77

(4862) 73-43-50

www.gu-unpk.ru

E-mail: sirm@ostu.ru, srmostu@mail.ru

The journal is registered in Federal Agency of supervision in sphere of communication, information technology and mass communications.

Registration Certificate

PI № FS77- 47352 of November 03 2011

Subscription index: 16376

in a union catalog "The Press of Russia"

© State University-ESPC, 2012

## Contents

### Operation, Repair, Restoration

- V. I. Posmetyev, A. M. Kadyrmetov, A. V. Macarenko **The technique of the efficiency estimation of a motor-car park according to the reliability indicators of its functioning** 3
- V. N. Abramov, A. A. Chibisov, G. P. Novikov, V. B. Kasparov **Motivation to rational design of the limiters to deformation (internal full tilt) "safe" travel about car transport facilities with low level of the voltages** 11
- A. V. Kolomeichenko, V. Z. Pavlov, I. S. Kuznetsov **Determination of the drift velocity of charged particles between electrodes in the electrospark processing** 24
- E. V. Ageev **Improving performance reduced on the basis of car parts scientific resource technologies, materials and devices** 32
- L. A. Savin, O. A. Pivovarov, E. V. Slivinsky **Extension of functional possibilities of diesel locomotive engines due to modernization of gas distribution mechanisms** 42
- J. V. Rodionov, G. I. Sharonov **Condenser and thyristor ignition module impulse generator** 47
- D. A. Bondarenko, A. K. Sokolov, A. N. Chvala **Analysis and systematization of methods of influence on condition frictional wheels and rails** 52

### Technological Machinery

- A. P. Buynosov, I. M. Pishniy **Restore configuration profile bandage wheeled electric industrial par by surfacing** 59
- O. V. Fominova, V. S. Buzu, V. I. Chernyshev, A. V. Korobko **Forced vibrations of protecting from the vibrations of the technology machines with friction actuator** 69
- V. M. Zemskov, D. Y. Kochetov **Mathematical model of motion work vibrating tipeducation for horizontal wells in view of ground viscous resistance** 75
- V. I. Kutejkin, O. A. Luskanj, G. V. Barsukov **The mathematical model of the process of transportation of cargoes on inertial roll conveyor** 80
- R. A. Kobzev **Definition of factor of the stock of elements of load-lifting cranes of high classes of responsibility with use of methods of the analysis of risk** 91
- M. I. Zhukov, A. Burnashov **Systematization arms for lifting and transporting bulky cargo** 96

### Road safety and road transport

- E. V. Bondarenko, R. H. Khasanov, E. S. Sidorin, V. S. Golovanov **Safety of vehicles taking into account the technical condition of elements of electric equipment** 100
- D. N. Torgachev, O. I. Morozova **The management of the innovative development of the social transport at the regional level** 107

### Education and Personnel

- G. V. Bukalova **Objects and features score normalization vocational education technical profile** 113
- I. E. Ilyina, A. A. Jumaeva, N. R. Bahteev, O. M. Serova **Problems preparation of drivers of category of "B" and the way of the decision** 117
- A. P. Tryastin, Yu. N. Baranov, A. P. Lapin, A. A. Katunin **Theoretical approaches to strategy of preparation drivers vehicles** 123
- T. A. Kozin, D. A. Iskorkin **Formation of sociocultural observation in training motor complex** 128

### Economics and Management

- I. M. Blyankinshteyn **Competitiveness assessment method of technological equipment for vehicles technical service** 133
- E. V. Puhov **Formation bases of business accounting and waste management at the enterprises of technical service** 143

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ

УДК 656(075.8)

В. И. ПОСМЕТЬЕВ, А. М. КАДЫРМЕТОВ, А. В. МАКАРЕНКО

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
АВТОМОБИЛЬНОГО ПАРКА ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ  
НАДЕЖНОСТИ ЕГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

*Выявлено влияние основных производственных факторов на показатели надежности исследуемого автомобильного парка, результаты анализа этих факторов позволили разработать рекомендации по повышению эффективного использования парка машин.*

**Ключевые слова:** методика, надежность, наработка, отказ, эффективность эксплуатации, коэффициент технического использования, коэффициент готовности, анализ, рекомендации.

Эффективность автомобильного парка машин определяется в основном техническим состоянием его подвижного состава. Работоспособное состояние автомобилей и гаражного оборудования обеспечивается принятой системой технического обслуживания и ремонта. Оптимизация основных параметров этой системы основывается на проведении анализа технического состояния подвижного состава в зависимости от его наработки. Результаты этого анализа позволили бы разработать вполне объективные рекомендации по повышению эффективного использования парка машин. Для реализации этой цели, прежде всего, необходимо определение влияния основных производственных факторов на показатели надежности исследуемого автомобильного парка.

В общем случае, эффективность эксплуатации ремонтируемых изделий наиболее полно оценивается комплексными показателями надежности, среди которых наибольшее использование получили коэффициенты технического использования  $K_{ТИ}$  и готовности  $K_{Г}$ . Данные коэффициенты комплексно учитывают два важных свойства надежности – безотказность и ремонтпригодность, и вычисляются по одинаковой зависимости как отношение суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый промежуток времени к сумме этого времени со временем простоев (общему суммарному времени). Отличие заключается в том, что общее суммарное время для коэффициента  $K_{ТИ}$  включает в себя время на проведение технического обслуживания и ремонта, а для коэффициента  $K_{Г}$  – только время на устранение неисправностей и причин отказов, возникающих в незапланированное время [1].

Значения коэффициента готовности  $K_{Г}$  примерно варьируются в следующих пределах: для высокоэффективных предприятий – 0,85 ... 0,98; для среднеэффективных – 0,75 ... 0,84; для низкоэффективных – 0,60 ... 0,74.

На величину коэффициента  $K_{Г}$  оказывает влияние большое число разнообразных факторов: географических, климатических, технических, экономических, социальных, уровней организации, технологии и культуры производства, и др. Наибольшее влияние из перечисленных оказывает технический фактор, основу которого составляют: качество и своевременность проведения диагностики, ежедневного (ЕО), технического (ТО), сезонного обслуживания (СО) и текущего ремонта (ТР) машин; оснащение предприятия современными средствами диагностики и механизации ТО и ТР; снабжение в необходимых объемах, номенклатуре и установленные сроки запасными частями и расходуемыми материалами.

Величину коэффициента готовности (одного или партии изделий, парка машин), в зависимости от цели его использования, можно определить двумя способами. Первый из них, рассматриваемый в данной работе, – аналитический (исследовательский), с помощью которого этот коэффициент определяют на основе статистических данных об отказах, являющийся наиболее объективным и точным. Второй – приближенный и широко применяемый на практике, основан на определении коэффициента  $K_{Г}$  по данным обязательной эксплуатации

онной и бухгалтерской документации, ведущейся на предприятии (путевых листов, нарядов на выполнение обслуживающим персоналом работ по ТО и ТР, журналов регистрации простоев техники в плановых, текущих и непредусмотренных ремонтах и др.) [2].

Анализ эффективности парка машин предприятия обычно оценивают по среднегодовому значению коэффициента готовности  $K_{Гср}$ , так как в этом случае наиболее полно учитывается влияние годового цикла времени (середина и конец зимы – весна – лето – осень – начало зимы) на надежность техники. В связи с этим представляется возможность, наряду с другими производственными показателями, достаточно объективно выявить положительные или отрицательные тенденции в деятельности предприятия за длительный период наблюдения с учетом природно-климатических факторов. Таким образом, информация о коэффициенте  $K_{Гср}$  позволяет руководству предприятия принимать экономически обоснованные решения по поддержанию эффективности парка машин на оптимальном уровне. Кроме этого его применяют для сравнительной оценки деятельности однотипных или близких по парку машин предприятий [3].

Среднегодовая величина коэффициента  $K_{Гср}$  определяется из выражения:

$$K_{Гср} = \sum_{i=1}^{X_M} K_{Гi} / X_M,$$

где  $X_M = 12$  – число месяцев в году;

$\sum_{i=1}^{X_M} K_{Гi}$  – суммарная величина значений  $K_{Гi}$  для всех 12 месяцев года.

Информативность результатов при проведении анализа эффективности парка объектов может быть повышена, если одновременно рассматривать и единичные показатели надежности, такие как вероятность отказа  $F(t)$  и безотказной работы  $P(t)$ , параметр потока отказов  $\omega(t)$ , среднюю наработку на отказ  $T$ , среднее время отыскания и устранения последствий отказов  $T_e$  и другие. При этом достоверность оценки всех показателей надежности определяется используемой методикой, позволяющей выработать действенные рекомендации по повышению эффективности парка машин.

Методика включает в себя сбор статистической информации об отказах машин (исходные данные), расчет показателей надежности (статистическая оценка показателей надежности), построение графиков зависимостей статистических оценок показателей надежности от наработки и времени, проведение анализа эффективности использования парка машин, выработка рекомендаций по повышению данной эффективности.

К исходным данным относятся распределение количества отказов  $m(\Delta t_i)$  и времени отыскания и устранения отказов  $t_{ei}$  по интервалам наработки машин  $\Delta t_i$  и по времени.

Расчет показателей надежности выполняется с помощью следующих известных зависимостей [4]:

1) Оценка вероятности отказа до наработки  $t$ :

$$F(t) = \frac{m_{cp}(t)}{N},$$

где  $m_{cp}(t)$  – среднее количество отказов за время  $t$ ;

$N$  – общее число изделий, находящихся под наблюдением.

Вероятность отказа за интервал времени  $\Delta t_i$  оценивается по формуле:

$$F(\Delta t_i) = \frac{m_{cp}(\Delta t_i)}{N},$$

где  $m_{cp}(\Delta t_i)$  – количество отказов за интервал времени  $\Delta t_i$ .

2) Оценка средней наработки на отказ в интервале времени  $t-t_0$ :

$$T = \frac{t-t_0}{m_{cp} \left( \overset{t-t_0}{\underbrace{\quad}_{m_{cp}(t-t_0)}}} \right)}$$

Средняя наработка на отказ за интервал времени  $\Delta t_i$  оценивается по формуле:

$$T_i = \frac{\Delta t_i}{m(\Delta t_i)}$$

3) Оценка среднего времени отыскания и устранения последствий отказа за период времени  $t$ :

$$T_s = \frac{\sum_{j=1}^m t_{sj}}{m(t)}$$

где  $t_{sj}$  – время отыскания и устранения  $j$ -го отказа;  
 $m(t)$  – количество отказов за время  $t$ .

Среднее время отыскания и устранения последствий отказа за интервал времени  $\Delta t_i$  оценивается по формуле:

$$T_{si} = \frac{t_{si}}{m(\Delta t_i)}$$

где  $t_{si}$  – суммарное время отыскания и устранения последствий отказов на интервале времени  $\Delta t_i$ .

4) Оценка коэффициента готовности:

$$K_r = \frac{T}{T + T_s}$$

5) Оценка параметра потока отказов за время  $t$ :

6)

$$\omega = 1/T$$

Параметр потока отказов на интервале времени  $\Delta t_i$  оценивается по формуле:

$$\omega(\Delta t_i) = 1/T_i$$

7) Оценка вероятности безотказной работы за время  $t$  и за интервал времени  $\Delta t_i$  определится соответственно по формулам:

8)

$$P(t) = 1 - F(t)$$

$$P(\Delta t_i) = 1 - F(\Delta t_i)$$

Расчет показателей надежности осуществляется с помощью электронной таблицы (например, Excel), в которую вводятся исходные данные (табл. 1).

Таблица 1 – Форма представления результатов расчета показателей надежности парка из  $N$  машин по статистическим данным об их отказах

Исходные данные				Показатели надежности					
№ интервала	Интервал наработки, ч $\Delta t_i$	Количество отказов, $m(\Delta t_i)$	Время отыскания и устранения отказов, ч $t_{vi}$	$F(\Delta t_i)$ ,	$T$ ,	$T_b$ ,	$K_r$ ,	$\omega(\Delta t_i)$ ,	$P(\Delta t_i)$ ,
				$\frac{(3)}{N}$	$\frac{t_{i+1} - t_i}{(3)}$	$\frac{(4)}{(3)}$	$\frac{(6)}{(6) + (7)}$	$\frac{1}{(6)}$	$1 - (5)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1... n									

По результатам расчета строятся графики показателей надежности в зависимости от наработки. Пример построения графиков представлен на рисунке 1. На графике проведена дополнительная ось абсцисс времени в месяцах  $X_m$ , линейно зависящая от наработки. В об-

щем случае наработка нелинейно меняется от календарного времени (рис. 2), так как, например, в летнее время машины больше загружены, чем в зимнее время.

Ось абсцисс времени в месяцах  $X_m$ , удобна для оценки влияния климатических факторов на показатели надежности. Для этого календарный год разбивается на пять характерных участков по временам года: середина и конец зимы – 1 ... 2 мес., весна – 3 ... 5 мес., лето – 6 ... 8 мес., осень – 9 ... 11 мес., начало зимы – 12 мес. Для удобства анализа данные временные участки года выделяются на графиках тонкими пунктирными линиями, параллельными оси ординат.

Анализ и оценку эффективности исследуемого автомобильного парка выполняют следующим образом. Из шести показателей надежности наиболее важным является комплексный показатель – коэффициент готовности  $K_G$  машины (парка машин), так как он одновременно учитывает влияние на надежность и эффективность машин двух единичных показателей  $T$  и  $T_e$ . Под коэффициентом готовности понимается вероятность того, что машина (агрегат) окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусматривается [5].

Показатели средней наработки на отказ  $T$  и среднего времени выявления и восстановления последствий отказов  $T_e$  целесообразно анализировать совместно, так как это позволяет учитывать тяжесть последствий отказов. Так, например, одновременное увеличение значений  $T$  и  $T_e$  на графике указывает на произошедшие в парке машин в рассматриваемый промежуток времени либо небольшой группы крупных отказов, либо большой группы мелких отказов при одинаковых в обоих случаях затратах времени на устранение их последствий. При этом количество отказов легко определить по кривой среднего числа отказов  $F(\Delta t)$  на графике для рассматриваемого промежутка времени. В случае же уменьшения значения одного при одновременном увеличении значения другого из показателей ( $T$  или  $T_e$ ) – в исследуемом парке машин имела место группа мелких быстроустраняемых отказов.

Среднее число отказов  $F(\Delta t)$ , приходящихся на одну машину в рассматриваемом интервале наработки, позволяет также проследить тенденцию изменения аварийности машин на предприятии. Выявление причин появления отказов и своевременно принятые меры по их устранению позволяют уменьшить в первую очередь максимальные значения  $F(\Delta t)$ .

Анализ значений параметра потока отказов  $\omega(\Delta t)$  и вероятности безотказной работы  $P(\Delta t)$  парка машин в основном заключается в выявлении периодов годового цикла, в которых особенно высока вероятность снижения работоспособности исследуемой техники. Полученная информация о таких периодах в текущем году позволяет разработать на следующий годовой цикл систему мероприятий, обеспечивающих повышение всех показателей надежности и, следовательно, эффективности исследуемого парка машин, для Воронежского ПАТП 3 в 2011 г.

Рассмотрим пример выполнения анализа и оценки эффективности исследуемого автомобильного парка.

1) Анализ показателей надежности исследуемого парка машин:

а) Определение и анализ среднегодового значения коэффициента готовности  $K_{Gcp}$  исследуемого парка машин.

Расчетное значение:

$$K_{Gcp} = \sum_{i=1}^{X_m} K_{Gi} / X_m = (0,900 + 0,940 + 0,955 + 0,956 + 0,959 + 0,952 + 0,959 + 0,948 + 0,932 + 0,926 + 0,915 + 0,890) / 12 = 0,936,$$

что свидетельствует о высокой эффективности использования исследуемого парка машин в течение календарного года на данном автотранспортном предприятии. Тем не менее, как следует из графика, значения  $K_G$  заметно отличаются от  $K_{Gcp}$  и имеют явную тенденцию снижения в холодные периоды года. Это указывает на имеющиеся на предприятии резервы еще большего повышения коэффициента  $K_{Gcp}$ .

б) Анализ показателей надежности на I участке (середина и конец зимы – I, II мес.).

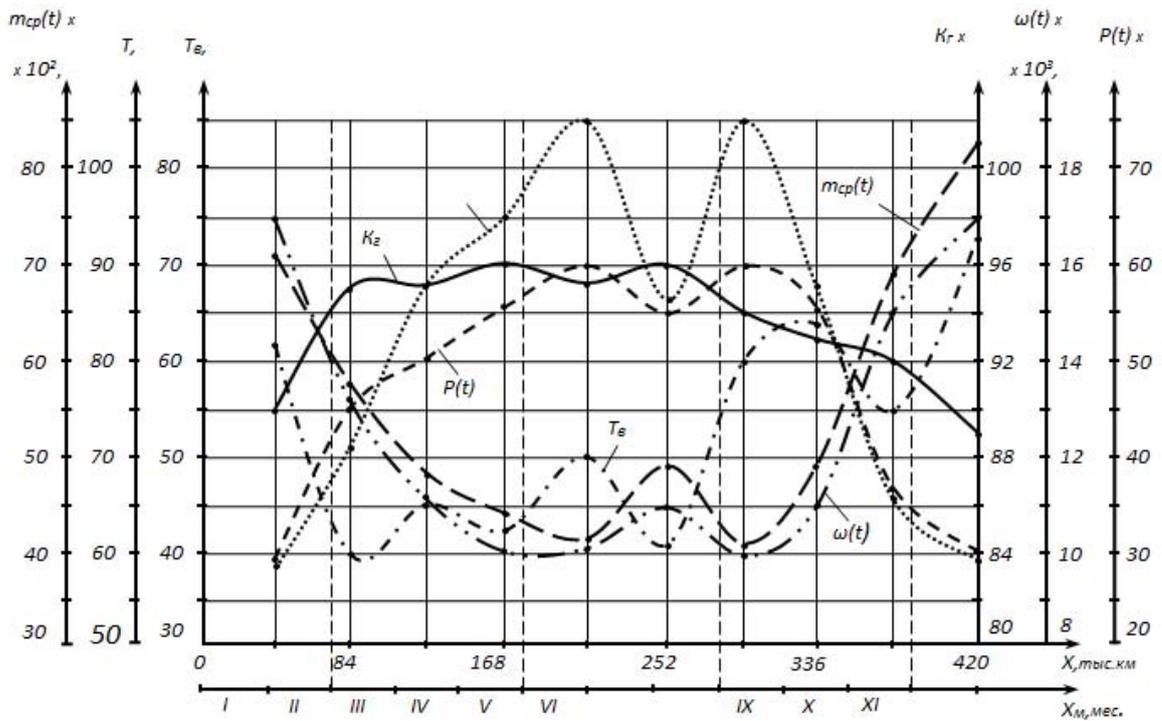


Рисунок 1 – Пример построения графиков зависимостей показателей надежности  $m_{cp}(t)$ ,  $T$ ,  $T_{с}$ ,  $K_r$ ,  $\omega(t)$ ,  $P(t)$  от наработки  $X$  для исследуемого парка машин

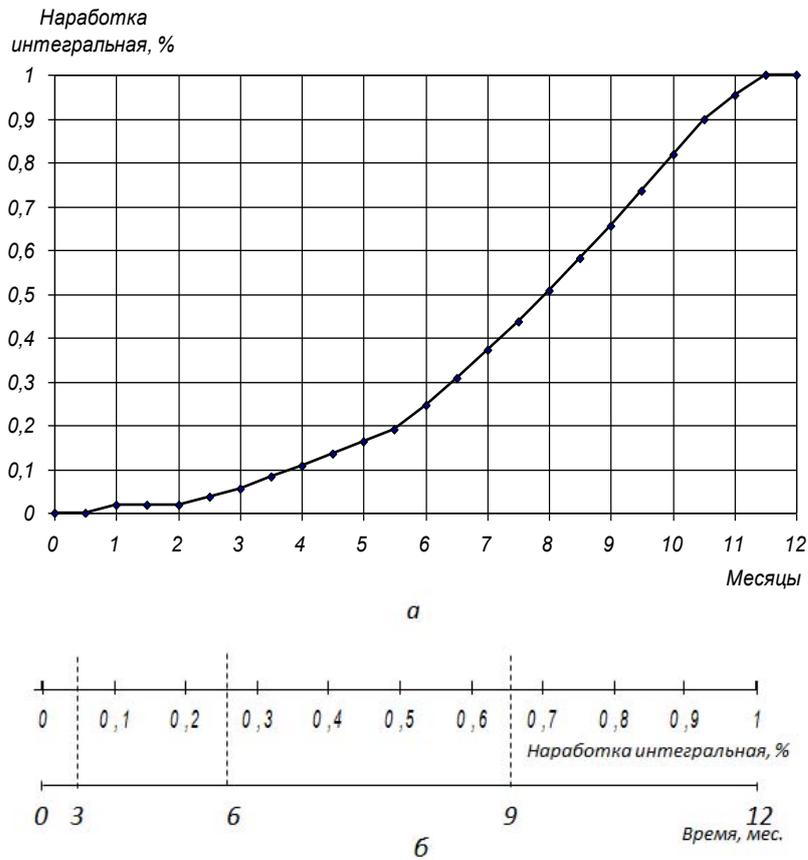


Рисунок 2 – Пример зависимости интегральной наработки от календарного времени (а) и соответствующее ей распределение календарного времени по нарастающей наработке (б)

Коэффициент готовности автомобильного парка в середине зимы имеет относительно низкое значение  $K_G = 0,900$ , но увеличивается к ее концу до  $K_G = 0,940$ . Это объясняется следующими основными причинами: ухудшением дорожных условий эксплуатации техники (гололед, туман, заносы, слякоть в оттепель и т.п.) повышенным износом деталей и узлов, снижением герметичности уплотнений при пониженных температурах. К концу зимы влияние перечисленных факторов на показатели надежности резко снижается вследствие принятых мер, что и ведет к указанному повышению коэффициента  $K_G$ .

Значение показателя средней наработки на отказ  $T$  резко увеличивается с 58 ч до 68 ч, а среднего времени выявления и восстановления последствий отказов  $T_g$  одновременно резко уменьшается с 6,2 ч до 4,3 ч. Это можно объяснить имевшими место мелкими отказами с тенденцией уменьшения их числа к концу зимы.

Среднее число отказов  $F(\Delta t)$  резко уменьшается с 0,72 в середине зимы до 0,60 отказа к ее концу. Характер изменения показателей надежности  $T$ ,  $T_g$  и  $F(\Delta t)$  указывает на достаточно резкое изменение количества отказов у исследуемого парка машин на первом участке годового цикла его эксплуатации. Это свидетельствует о заметном влиянии холодного периода на эксплуатацию машин и недостаточной готовности предприятия противостоять появлению большого числа отказов в этот период.

Параметр потока отказов  $\omega(\Delta t)$  парка машин снижается с 0,017 отказа в середине зимы до 0,014 отказа к концу зимы, а вероятность безотказной работы  $P(\Delta t)$  повышается соответственно с 0,28 до 0,42. Такие значительные колебания значений показателей  $\omega(\Delta t)$  и  $P(\Delta t)$ , указывают в целом на нестабильность показателей надежности парка машин в зимний период эксплуатации.

в) Анализ показателей надежности на 2 участке (весна – III ... V мес.), на 3 участке (лето – VI ... VIII мес.), на 4 участке (осень – IX ... XI мес.) и на 5 участке (начало зимы – XII мес.) проводятся аналогично.

2) Выводы по результатам анализа показателей надежности.

а) Среднегодовое значение коэффициента готовности  $K_{G\text{ср}} = 0,936$ , что характерно для предприятия с эффективно функционирующим парком машин.

б) В холодные периоды года (январь, февраль и декабрь месяцы) коэффициент  $K_G$  снижается до 0,89 ... 0,90 в основном вследствие ухудшения дорожных условий, трудностью обеспечения нормальных условий запуска двигателя, повышенным износом пар трения в узлах машин, снижением герметичности уплотнений при пониженных температурах и т. п. Все это приводит к увеличению числа отказов, включая отказы с тяжелыми последствиями.

в) В весенний, летний и осенний периоды выводы составляются аналогично.

На основании результатов проведенного анализа для рассматриваемого автотранспортного предприятия делаются конкретные рекомендации на базе типичных рекомендаций, основными из которых являются:

1) Резервом повышения среднегодового значения коэффициента готовности  $K_{G\text{ср}}$  исследуемого автомобильного парка является увеличение коэффициента  $K_G$  в холодные периоды его эксплуатации. Для этого необходимо: на автомобильных стоянках обеспечить условия нормального запуска двигателей при низких температурах; своевременное и качественное проведение всех видов регламентированного технического обслуживания автомобилей (ЕО, ТО, СО и ТР); материальную базу предприятия дооснастить современными средствами диагностики и механизации; в гололед оснастить автомобили средствами противоскольжения; обеспечить автомобильный парк соответствующими холодному периоду года ТСМ и расходными материалами; при приобретении запасных частей учесть их повышенный расход и номенклатуру, соответствующие в том числе холодному периоду эксплуатации.

2) В весенний и осенний периоды эксплуатации обеспечить своевременное и качественное выполнение сезонного обслуживания (СО) исследуемого автомобильного парка. Для предотвращения размораживания двигателей в этот переходный период, у подвижного состава, базирующегося на открытых стоянках, обязать обслуживающий персонал сливать на ночь воду из систем охлаждения двигателей автомобилей, в которых не используется анти-

фриз. Систематически проводить тренинги и требовать от водительского состава повышенного внимания при управлении транспортными средствами в связи с резко ухудшившимися дорожными условиями.

3) В летний период эксплуатации обратить внимание на своевременное и качественное проведение ТО и ТР автомобильного парка высококвалифицированным обслуживающим персоналом. Администрации предприятия вести планомерную работу с водительским составом по повышению их профессиональных навыков с целью снижения аварийности подвижного состава в летний период.

4) При планировании на будущий год системы мероприятий по повышению показателей надежности и эффективности работы автомобильного парка учесть причины неудовлетворительного характера изменения показателей надежности  $\omega(\Delta t)$  и  $P(\Delta t)$ , выявленных в I, II, III и XI, XII месяцах текущего года.

На основании предложенной авторами методики, были разработаны методика сбора и требования к базе данных по исследуемому автотранспортному предприятию, алгоритм расчета и программа для ЭВМ, обеспечивающие в реальном масштабе времени оперативно оценивать состояние и влиять на эффективность использования подвижного состава. Основные трудности при этом заключались в большом разбросе собираемых исходных данных и необходимости почасового учета технического состояния, загруженности и местонахождения каждого автомобиля. Однако совершенствование основных составляющих предложенной общей методики и, в частности, методики сбора исходной информации и технических средств оперативного контроля, позволят существенно повысить эффективность управления и принятия оптимальных управленческих решений в целом по предприятию.

Таким образом, предлагаемая методика анализа и оценки эффективности автомобильного парка позволяет:

использовать простейшие модели машинно-тракторных парков, автотранспортных и других предприятий любой формы собственности, а также элементов теории "деловой игры";

оценить влияние основных производственных факторов на показатели надежности функционирования исследуемого парка машин и разработать на этой основе рекомендации и мероприятия, обеспечивающие повышение его эффективности по временам года;

в реальном масштабе времени, с помощью регулярно обновляемой базы данных, разработанных алгоритма и программы для ЭВМ, анализировать текущую информацию о состоянии парка машин и оперативно принимать соответствующие данной ситуации оптимальные управленческие решения;

проводить анализ одновременно по нескольким показателям надежности, основным из которых является среднегодовой коэффициент готовности, позволяющий руководству предприятия принимать экономически обоснованные решения по поддержанию эффективности автомобильного парка на оптимальном уровне и сравнивать деятельность однотипных или близких по парку машин предприятий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Посметьев, В. И. Основы теории надежности и диагностика : лабораторный практикум / В. И. Посметьев, В. Л. Мурзинов, А. В. Макаренко ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2011. – 79 с.
2. Посметьев, В. И. Техническая диагностика на транспорте. Организация проведения технического диагностирования автомобилей : методические указания к выполнению контрольных работ для студентов заочной формы обучения специальности 190702 – Организация и безопасность движения / В. И. Посметьев, А. М. Каддырметов, А. В. Макаренко ; М-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2011. – 55 с.
3. Малкин, В. С. Техническая эксплуатация автомобилей : Теоретические и практические аспекты : учеб. пособие / В. С. Малкин. – М. : Академия, 2007. – 288 с.
4. Половко, А. М. Основы теории надежности. – 2-е изд., перераб. И доп. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 704 с. : ил.
5. Лукинский, В. С. Прогнозирование надежности автомобилей / В. С. Лукинский, Е. И. Зайцев. – Л. : Политехника, 1991. – 224 с.

**Посметьев Валерий Иванович**

ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»

Адрес: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

Д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой производства, ремонта и эксплуатации машин

Тел.: +7(915)5888300

E-mail: posmetyev@mail.ru

**Кадырметов Анвар Минирович**

ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»

Адрес: 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

Канд. техн. наук, доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин

Тел.: +7(951)5685027

E-mail: anvar@vmail.ru

---

V. I. POSMETYEV, A. M. KADYRMETOV, A. V. MACARENKO

**THE TECHNIQUE OF THE EFFICIENCY ESTIMATION OF A  
MOTOR-CAR PARK ACCORDING TO THE RELIABILITY  
INDICATORS OF ITS FUNCTIONING**

*Influence of the basic production factors on the reliability indicators of the investigated motor-car park was revealed, the analysis results of these factors allowed develop the recommendations about the increase of the effective use of cars park.*

**Keywords:** reliability, an operating time, refusal, operating efficiency, coefficient of the technical use, availability ratio.

**BIBLIOGRAPHY**

1. Posmet`ev, V. I. Osnovy teorii nadezhnosti i diagnostika : laboratornyy praktikum / V. I. Po-smet`ev, V. L. Murzinov, A. V. Makarenko ; M-vo obrazovaniya i nauki RF, FGBOU VPO "VGLTA". - Voronezh, 2011. - 79 s.
2. Posmet`ev, V. I. Tekhnicheskaya diagnostika na transporte. Organizatsiya provedeniya tekhnicheskogo diagnostirovaniya avtomobiley : metodicheskie ukazaniya k vypolneniyu kontrol`nykh работ dlya studentov zaochnoy formy obucheniya spetsial`nosti 190702 - Organizatsiya i bezopasnost` dvizheniya / V. I. Posmet`ev, A. M. Kadyrmetov, A. V. Makarenko ; M-vo obrazovaniya i nauki RF, FGBOU VPO "VGLTA". - Voronezh, 2011. - 55 s.
3. Malkin, V. S. Tekhnicheskaya ekspluatatsiya avtomobiley : Teoreticheskie i prakticheskie aspekty : ucheb. posobie / V. S. Malkin. - M. : Akademiya, 2007. - 288 s.
4. Polovko, A. M. Osnovy teorii nadezhnosti. - 2-e izd., pererab. I dop. - SPb. : BHV-Peterburg, 2006. - 704 s. : il.
5. Lukinskiy, V. S. Prognozirovanie nadezhnosti avtomobiley / V. S. Lukinskiy, E. I. Zaytsev. - L. : Politehnika, 1991. - 224 s.

**Posmetyev Valery Ivanovich**

FGBOU VPO «Voronezh State Forestry Academy»

Address: 394087, g. Voronezh, ul. Timiryazev, 8

Doctor of Technical Sciences, professor, head. Department of production, maintenance and operation of machines

Tel.: +7(915)888300

E-mail: posmetyev@mail.ru

**Kadyrmetov Anwar Minirovich**

FGBOU VPO «Voronezh State Forestry Academy»

Address: 394087, g. Voronezh, ul. Timiryazev, 8

Candidate of Technical Sciences, assistant professor of production, maintenance and operation of machines

Tel.: +7(951)685027

E-mail: anvar@vmail.ru

УДК 629.113.012.3.001.5

В. Н. АБРАМОВ, А. А. ЧИБИСОВ, Г. П. НОВИКОВ, В. Б. КАСПАРОВ

## ОБОСНОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ДЕФОРМАЦИИ (ВНУТРЕННИХ ОПОР) «БЕЗОПАСНЫХ» КОЛЕС АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С НИЗКИМ УРОВНЕМ НАПРЯЖЕНИЙ

*В статье приведены результаты моделирования напряженно-деформированного состояния внутренних опор и оценки опорной проходимости полноприводных автомобилей с использованием «безопасных» колес в различных условиях движения.*

*Применение «безопасных» колес транспортного средства позволяет повысить подвижность и в частности проходимость автомобиля.*

*Предложена методика расчета, позволяющая проводить необходимые расчетно-экспериментальные исследования по оценке влияния конструкции колес, жесткостных параметров шин и опор на работоспособность «безопасных» колес и эксплуатационные свойства автомобильного транспорта в широком диапазоне изменения их характеристик. А также прогнозировать свойства автомобилей с «безопасными» колесами разной конструкции, в том числе показатели их подвижности, на стадии проектирования образцов.*

**Ключевые слова:** *автотранспортные средства; «безопасное» колесо; внутренняя дополнительная опора; напряженно-деформированное состояние; методика расчетов; опорная проходимость; напряжения; деформации.*

Одним из основных свойств, важного для армейских и коммерческих автомобилей – подвижность, зависит, прежде всего, от правильности выбора шин для многообразных условий эксплуатации, соответствия их характеристик этим условиям.

Главная составляющая, ограничивающая уровень подвижности автомобилей – их опорная проходимость, в первую очередь, определяется соответствием нагрузочных, размерных, жесткостных параметров шин, рисунка и конструкции их протектора физико-механическим характеристикам опорной поверхности – деформируемых грунтов и снежной целины.

Основой теоретического решения вопросов подвижности и, в частности, проходимости колесных машин является математическая модель взаимодействия одиночного колеса с грунтом, неоднократно уточненная, усовершенствованная и скорректированная для различных условий движения автомобиля с учетом изменяющихся характеристик грунтов, в частности в работах Агейкина Я. С., Бируля А. И., Горячкина В. П., Петрушова В. А., Пирковского Ю. В., Чистова М. П. и др.

Однако, эти зависимости не позволяют в полной мере описывать процесс качения «безопасного» колеса, особенно при повреждении шины и последующем движении автомобиля *на внутренней дополнительной опоре*, так как в данном случае к процессу качения колеса добавляется качение внутренней дополнительной опоры с некоторым проскальзыванием по внутренней поверхности беговой дорожки шины, изменяя ее тепловую и силовую напряженность.

Поэтому выбор рациональной конструкции «безопасных» колес с пониженным уровнем напряжений, обеспечивающих повышение эффективности эксплуатации автомобилей за счет их применения, предлагается на основе разработанных моделей и зависимостей, позволяющих учитывать конструктивные изменения колесного движителя и степень его нагружения.

Под «безопасностью» следует понимать сохранение способности управляемого движения автомобиля (подвижности автомобиля) и способности колес сохранять ограниченную работоспособность после воздействия внешних факторов и разрушения пневматической шины колеса.

Для расчета показателей напряженно-деформированного состояния (НДС) внутренних дополнительных опор (ВДО) и оценки опорной проходимости автотранспортных средств с использованием «безопасных» колес разработана методика для определения:

- максимального значения напряжений в опоре –  $\sigma$ ;
- максимального значения радиальной деформации –  $\epsilon$ ;
- максимального значения деформации кручения –  $\lambda$ ;
- максимальной удельной силы тяги на крюке автомобиля -  $K_{Тгах}$ ;
- коэффициента сопротивления буксированию –  $f_6$ ;
- глубины образуемой колеи -  $H$ ;
- наибольшей скорости движения автомобиля -  $V_{max}$ ;

Перечисленные показатели определяются для случая прямолинейного движения при различных конструктивных и эксплуатационных параметрах автомобилей, пневматических шин и внутренних опор (рис. 1-3) «безопасных» колес [1-3].



Рисунок 1 – «Безопасное» колесо:

а - с бескамерной шиной 12,00R20; б - разъемным ободом 9,00–20; в - внутренней опорой «сплошного» типа

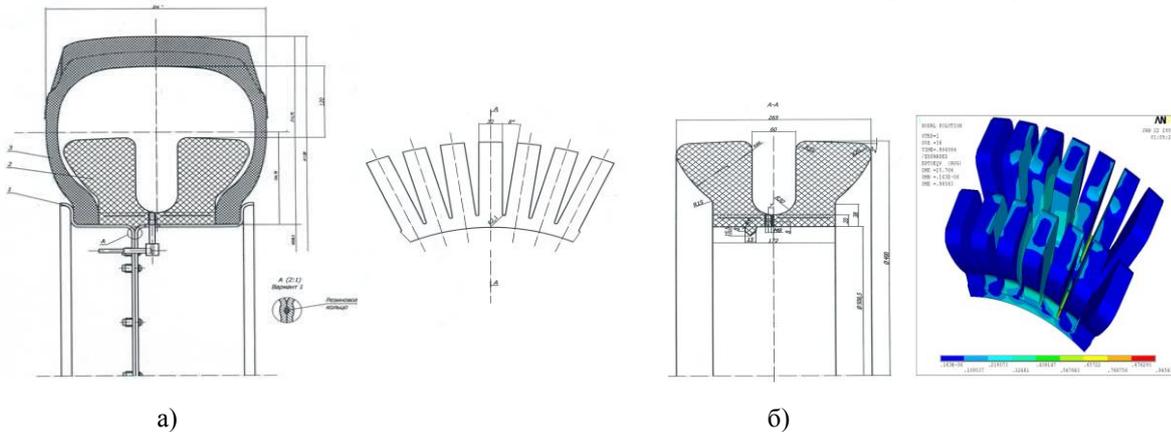


Рисунок 2 – «Безопасное» колесо:

а - с бескамерной шиной 12,00R20; б - разъемным ободом 9,00–20;  
в - внутренней опорой «лепесткового» типа

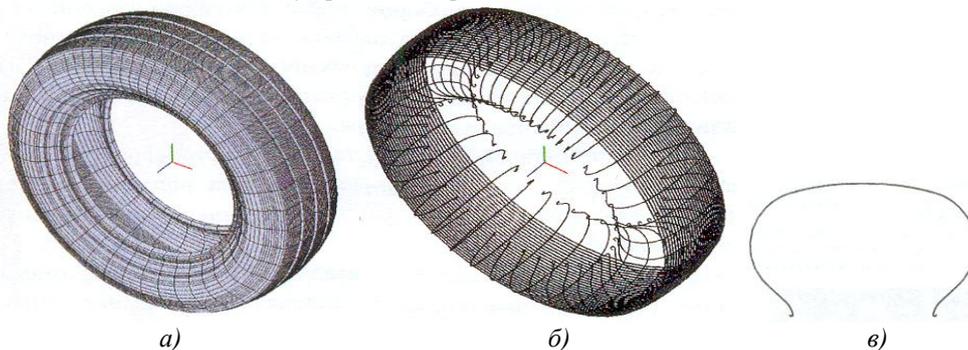


Рисунок 3 – «Безопасная» шина каркасного типа

а-общий вид шины КТ; б- внутренняя структура шины КТ, в- упругий элемент шины КТ

Методика может быть использована при решении вопросов прогнозирования показателей проходимости разрабатываемых автомобилей, повышения проходимости автомобилей за счет рационального выбора параметров их колесных движителей и использования дополнительных ограничителей деформации с низким уровнем напряжений.

Расчет показателей производится на ЭВМ. Ориентировочное время расчета одного варианта – около 15 минут (без учета времени подготовки исходных данных).

Расчет показателей напряженности резинового массива внутренней дополнительной опоры основан на моделировании процесса напряженно-деформированного состояния, определяемым нормальным давлением опоры в контакте колеса с грунтом и законами механики грунтов.

Деформируемость колеса (опоры) на грунте представлена на рисунке 4 [4].

Внутренняя дополнительная опора подвергается совместному действию сжатия с нормальной силой  $G_k$  и кручения с моментом  $P_k \cdot R$ , где  $R$  – радиус качения опоры. Такой вид нагружения определяет деформации, возникающие во внутренней опоре: деформацию сжатия на величину  $Z$  по вертикали, вызванную нормальной силой и окружную деформацию (закручивания валом колеса) на угол  $\varphi$ , вызванную приложенным к опоре моментом.

Распределение давлений в зоне контакта ( $q$ ) задается через коэффициент снижения ( $\kappa_q$ ) нормального удельного сопротивления грунта вдавливанию ( $p_z$ ) на глубину 1 см ( $H_p$ ) от скольжения  $\xi'_\sigma$ , степенной коэффициент изменения этого сопротивления ( $\xi$ ) по глубине вдавливания, отражающие влияние режима качения на глубину образуемой колеи ( $H$ ):

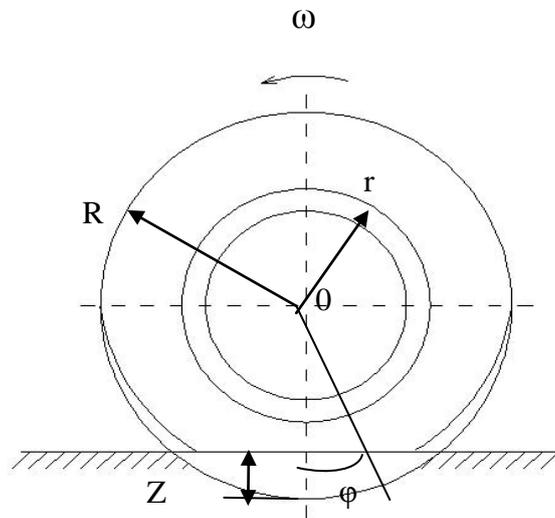


Рисунок 4 – Схема деформации колеса (опоры) на грунте

$$q = 10^{2\xi} \kappa_q p_z \left( H / H_p \right)^\xi = C_v \cdot Z_v / S_k, \quad (1)$$

где  $\kappa_q = 1 - th\left(0,8S'_\sigma\right)$ ,  $thx = (e^x - e^{-x}) / (e^x + e^{-x})$  - гиперболический тангенс числа ( $x = 0,8S'_\sigma$ );

$Z_v$  – радиальный прогиб опоры, м;

$C_v$  – радиальная жесткость опоры, кН/м;

$S_k$  – площадь отпечатка опоры в контакте колеса с грунтом, м<sup>2</sup>;

$\omega$  – угловая скорость вращения колеса, рад/с.

Определение воздействия степени нагруженности автомобиля на опору при движении по твердой поверхности, имеющей наибольшие радиальные деформации опоры, а, следовательно, и более высокие напряжения в данном режиме производится по зависимости (2):

$$\sigma_v = -2,305 \cdot 10^6 + 8,631 \cdot \lg G_k \quad (2)$$

Схемы действия сил в пятне контакта опор с грунтом представлены на рисунках 5 и 6. Расчеты напряжений и деформаций производятся в четыре этапа:

- задание исходных данных;
- расчет радиальной деформации;
- расчет окружной деформации;
- расчет напряжений в опоре.

Исходными данными при этих расчетах являются:

а) по внешним воздействующим факторам:

- радиальная нагрузка  $G_k$  (Н), кН;
  - крутящий момент  $M_{кр}$ , Нм;
- б) по материалу внутренней опоры:
- модуль упругости материала опоры  $E$ , Па;
  - модуль упругости второго рода материала опоры  $G_y$ , Па;
  - коэффициент сопротивления материала опоры  $\mu$ , кг/с;

в) по геометрическим параметрам внутренней опоры:

- внешние радиус  $R$  и диаметр  $D$ , м;
- внутренние радиус  $r$  и диаметр  $d$ , м;
- ширина беговой дорожки опоры  $B$ ,  $b$  и  $a$  – размеры сечения лепестка, длина лепестка

опоры  $l$ , м.

г) по иным характеристикам внутренней опоры:

- радиальная жесткость опоры  $C_v$ , Н/м;
- масса опоры  $m_v$ , кг.

Как и на цилиндрическую «сплошную» опору (рис. 5а) при качении на «лепестковую» опору (рис. 5б) действуют активные силы  $P_k$ ,  $G_k$  и  $F$  (влияние силы  $T$  на работоспособность опоры существенно ниже). В данном случае НДС опоры будет определяться сжатием с силой  $G_k$  и изгибом с моментом  $F \cdot l$ , где  $l$  – длина лепестка. Очевидно, что наибольшие значения напряжений в такой опоре будут проявляться в местах схождения лепестков (рис. 7), поскольку здесь изгибающий момент будет максимальным. Вместе с тем нельзя не учитывать высокие концентрации напряжений в местах схождения лепестков, которые также будут оказывать влияние на НДС опоры.

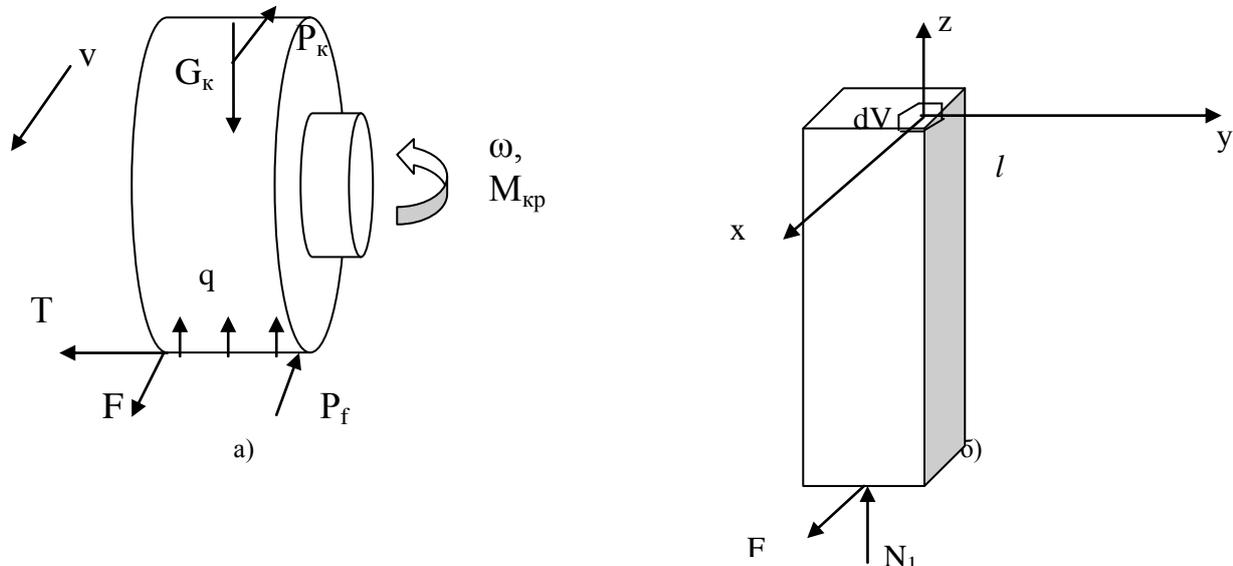


Рисунок 5 – Схема действия активных сил при качении «сплошной» (а) и «лепестковой» опор (б) ( $P_k$  - сила тяги,  $G_k$  - вес, приходящийся на колесо,  $T$  - касательная сила,  $F$  - продольная сила,  $P_f$  - сила сопротивления качению,  $N_1$  – сила от приложения радиальной нагрузки)

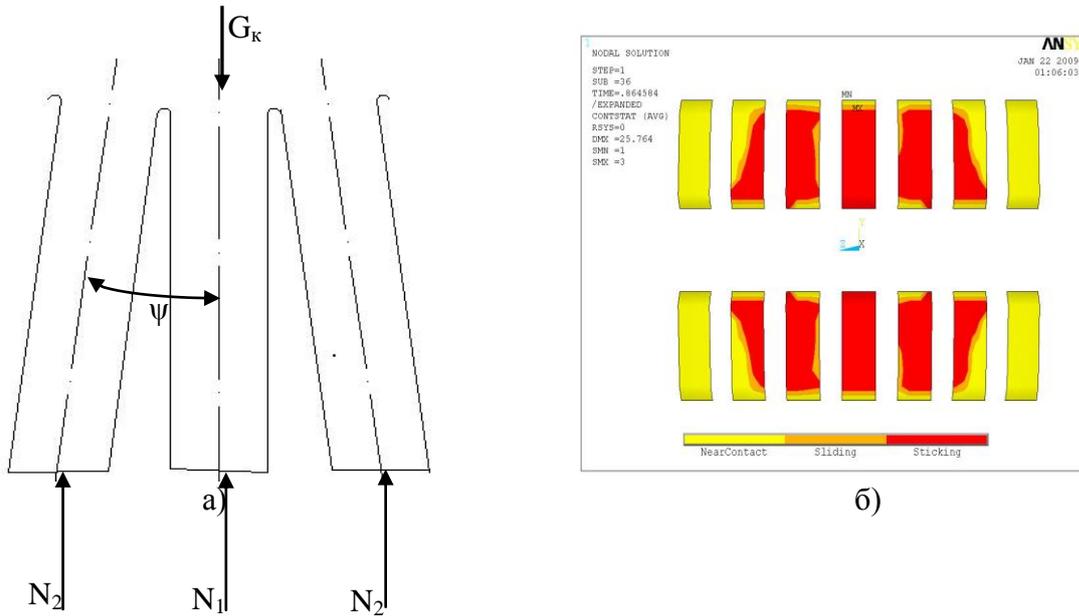


Рисунок 6 – Схема распределения нагрузки в контакте лепестков опоры с поверхностью: а) силы, действующие на опору; б) пятно контакта опоры, распределение контактного давления

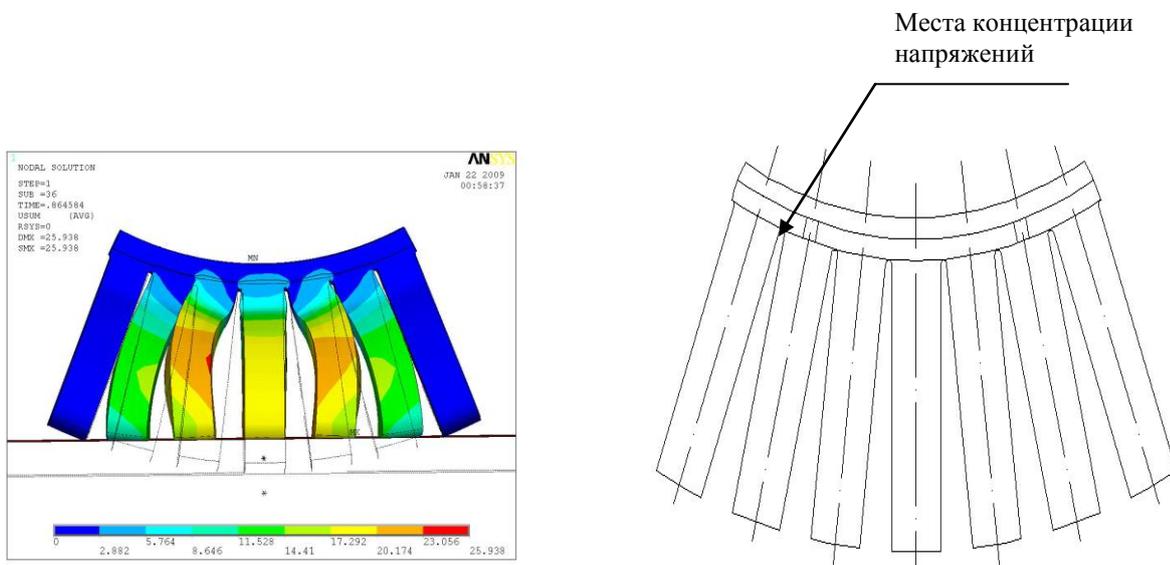


Рисунок 7 – Напряженно-деформированное состояние «лепестковой» опоры с поверхностью: а) нагруженность опоры (от радиальной нагрузки и изгибающего момента) и распределение деформаций; б) места концентрации напряжений в опоре

При таком приложении нагрузки силы  $N_1$  и  $N_2$  определяются (с учетом  $G_k = N = N_1 + 2N_2$ ) следующим образом (3):

$$N_1 = \frac{N}{1 + 2\cos^3 \psi}, \quad N_2 = \frac{N \cdot \cos^2 \psi}{1 + 2\cos^3 \psi}. \quad (3)$$

Для определения НДС опор решаются уравнения (4-8):  
- расчета деформаций «сплошной» опоры

$$\varepsilon_{\text{спл.}}^{\text{max}} = \int_0^{R-r} \frac{\sigma}{E} dR = \frac{\sigma(R-r)}{2E} = \frac{1}{2E} - \frac{m_v}{c_v \mu^2}; \quad (4)$$

- расчета напряжений в резиновом массиве «сплошной» опоры

$$\sigma_{\text{спл.}}^{\max} = \sqrt{\frac{E^2 G_k^2}{R-r} \left[ \frac{1}{4c_v^2} - \frac{m_v}{c_v \mu^2} \right]^2 + \left[ \frac{256M_{\text{кр}}}{\pi(R^3 - r^3)} \right]^2}; \quad (5)$$

- расчета деформаций «лепестковой» опоры

$$\varepsilon_{\text{леп.}}^{\max} = \frac{1}{2Eba} \left( 6 \frac{F \cdot l}{a} + N_1 + \sqrt{\left( 6 \frac{F \cdot l}{a} - N_1 \right)^2 + 9 \frac{F^2}{ba}} \right); \quad (6)$$

- расчета напряжений в резиновом массиве «лепестковой» опоры

$$\sigma_{\text{леп.}}^{\max} = \frac{1}{2ba} \left( 6 \frac{F \cdot l}{a} + N_1 + \sqrt{\left( 6 \frac{F \cdot l}{a} - N_1 \right)^2 + 9 \frac{F^2}{ba}} \right); \quad (7)$$

- расчета окружной деформации опоры, возникающей при приложении крутящего момента

$$\lambda = \frac{512M_{\text{кр}}B}{\pi G_y (D^4 - d^4)}. \quad (8)$$

С помощью данных зависимостей можно определять влияние различных параметров конструкции внутренних опор на их напряженно-деформированное состояние, а также нагрузки на колесо и прилагаемого момента в процессе его движения. Расчеты производятся по созданной специальной программе, работающей на языке программирования «TurboPascal» и разработанному алгоритму расчетов.

Все расчеты затем сопровождаются экспериментом (усталостными и динамическими испытаниями) на специальных резинокордных образцах для адекватного прогноза их работоспособности в условиях реальной эксплуатации, в том числе, при движении с нулевым избыточным внутренним давлением и при разрушенных шинах.

Расчет показателей опорной проходимости автомобилей основан на моделировании (9-11) процесса взаимодействия колесного движителя с деформируемым грунтом (рис. 8, на примере автомобиля 8x8) при заданных параметрах автомобиля, его движителя, внутренних опор и физико-механических характеристиках грунта и производится по разработанной в 21 НИИИ программе «Оценка показателей опорной проходимости автомобилей». Программа расчетов разработана на базе программы «Armtyre» [5, 6].

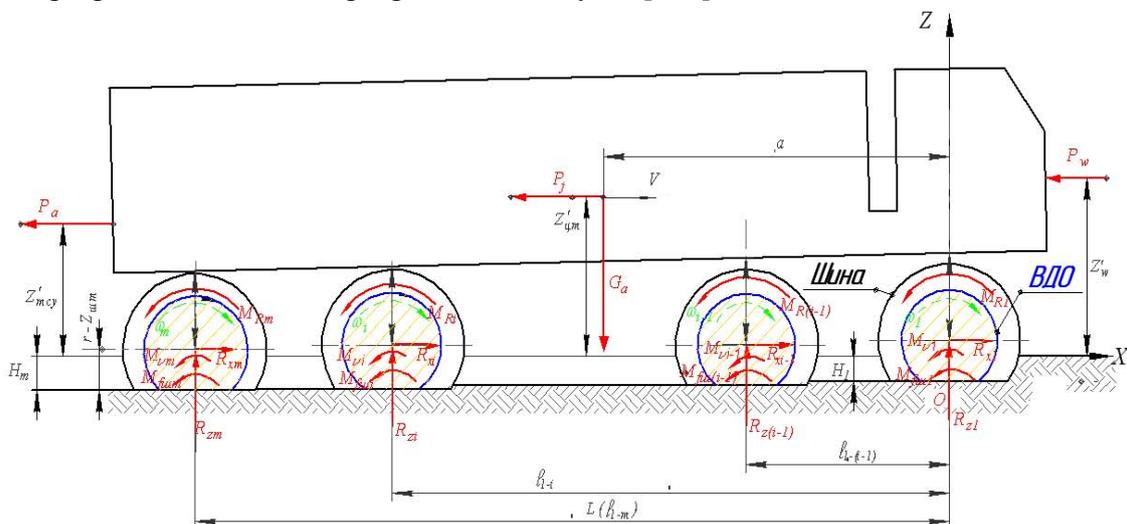


Рисунок 8 – Расчетная схема прямолинейного движения автомобиля по деформированному грунту

Все силы и возникающие от их действия моменты учитываются в уравнениях равновесия по Д'Аламберу:

- для двухосного автомобиля ( $m=2$ ):

$$\begin{cases} 2\sum_{i=1}^m R_{zi} - G_a = 0, \\ 2\sum_{i=1}^m R_{xi} - P_w - P_a - \sum_{i=1}^m P_{mi} = 0, \\ 2\sum_{i=1}^m M_{Ri} - R_{zi} \left( l_{1-i} - \left( R_{xi} - \frac{P_{mi}}{2} \right) \left( -z_{wi} - H_i \right) \right) + P_w Z'_w + P_a Z'_{mcy} + G_a a = 0; \end{cases} \quad (9)$$

- для трехосного автомобиля ( $m=3$ ):

$$\begin{cases} 2\sum_{i=1}^m R_{zi} - G_a = 0, \\ 2\sum_{i=1}^m R_{xi} - P_w - P_a - \sum_{i=1}^m P_{mi} = 0, \\ 2\sum_{i=1}^m M_{Ri} - \left( R_{xi} - \frac{P_{mi}}{2} \right) \left( -z_{wi} - H_i \right) - R_{z23} l'_{2-3} + P_w Z'_w + P_a Z'_{mcy} + G_a a = 0; \end{cases} \quad (10)$$

- для четырехосного автомобиля ( $m=4$ ):

$$\begin{cases} 2\sum_{i=1}^m R_{zi} - G_a = 0, \\ 2\sum_{i=1}^m R_{xi} - P_w - P_a - \sum_{i=1}^m P_{mi} = 0, \\ 2\sum_{i=1}^m M_{Ri} - \left( R_{xi} - \frac{P_{mi}}{2} \right) \left( -z_{wi} - H_i \right) - R_{z33} l'_{3-4} + P_w Z'_w + P_a Z'_{mcy} + G_a a = 0, \end{cases} \quad (11)$$

где  $G_a$  - вес автомобиля;

$P_a, P_w, P_{mi}$  - нагрузка на тягово-сцепное устройство (ТСУ) автомобиля, сила сопротивления воздуха и бульдозерное сопротивление грунта соответственно;

$R_{zi}, R_{z \leftarrow 1}, R_{zm}$  - вертикальные реакции в зоне контакта колес;

$R_{xi}, R_{xm}$  - горизонтальные реакции в зоне контакта колес;

$\alpha$  - расстояние между 1-ой осью и центром масс автомобиля;

$l_{1-i}, l_{1 \leftarrow 1}, L \leftarrow m$  - расстояние между осями;

$M_{ki}, M_{vi}, M_m$  - крутящие моменты шин и опор;

$M_{Ri}, M_{R \leftarrow 1}, M_{Rm}$  - реактивные моменты в зоне контакта колес;

$M_{fvi}, M_{fvm}$  - моменты сопротивления качению опор  $i$ -ой и всех ( $m$ ) осей;

$H_i, H_m$  - глубина колеи колеса  $i$ -ой и всех ( $m$ ) осей;

$Z'_{mcy}, Z'_w$  - высота положения тягово-сцепного устройства и центра парусности автомобиля.

В этих моделях неизвестными для каждой оси являются прогибы, буксования шины и ВДО, реакции, глубины колеи и др., всего 10 – 20 неизвестных, количество которых зависит от числа осей ( $m$ ) автомобиля.

Расчеты производятся при условиях (12, 13), что:

- пневматическая шина «безопасного» колеса не разрушена

$$R_{z1-4} = R_{z \leftarrow 1-4} (z_{w1-4}, H_{1-4}, S'_{\delta 1}) + R_{zm1-4} (z_{w1-4}, H_{1-4}, S'_{\delta 1})$$

$$R_{zn1-4}(z_{u1-4}, H_{1-4}, S'_{\sigma 1}) = C_{u1-4}Z_{u1-4} + C_{v1-4}Z_{v1-4} \quad (12)$$

$$Z_{v1-4} = \begin{cases} 0 & \text{при } z_{u1-4} < z_{u\sigma 1-4} \\ z_{u1-4} - z_{u\sigma 1-4} & \text{при } z_{u1-4} \geq z_{u\sigma 1-4} \end{cases}$$

- пневматическая шина «безопасного» колеса разрушена (движение на опоре)

$$R_{z1} = R_{zk}(z_{\sigma\sigma 01}, H_1, S'_{\sigma 1}) + R_{zn}(z_{\sigma\sigma 01}, H_1, S'_{\sigma 1})$$

$$R_{zn}(z_{\sigma\sigma 01}, H_1, S'_{\sigma 1}) = c_{v1}z_{\sigma\sigma 01} \quad (13)$$

$$z_{u1}=0$$

В зависимости от режима движения автомобиля на «безопасных» шинах с ВДО, указанные системы (9-11) могут дополняться другими уравнениями или несколько видоизменяться.

Расчет показателей опорной проходимости автомобилей производится в *четыре этапа* в зависимости от задаваемых режимов движения:

- решение оптимизационной задачи определения максимальной силы тяги на крюке

$$(P_{a \max} = \sum_{i=1}^m (2R_{xi} - P_{mi}) - P_w \rightarrow \max; K_{T \max} = P_{a \max} / G_a);$$

- определение характеристик движения автомобиля без тяги на крюке с «ползучей» скоростью ( $P_a=0, V_a=1\text{м/с}; H_a$ );

- определение характеристик движения в режиме буксирования ( $V_a=1\text{м/с}, P_a = P_{f\sigma}; f_{\sigma} = P_{f\sigma} / G_a$ );

- определение максимальной скорости движения в заданных условиях ( $V_a=V_{a \max}, P_a=0; N_{\sigma} \eta_m - 2 \psi + k_v \psi_{\max} - 1 \sum_{i=1}^m M_{ki} \omega_{ki} - P_w V_{\max} - P_a V_{\max} = 0$ ).

Запуск программы производится с помощью ярлыка на рабочем столе. Общий вид интерфейса программы представлен на рисунке 9.

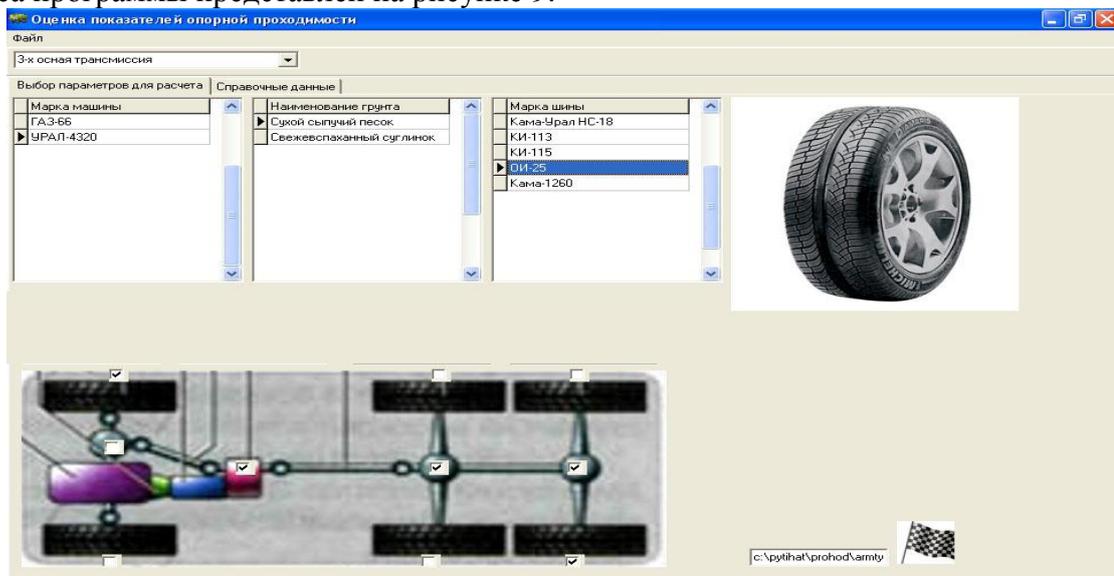


Рисунок 9 – Интерфейс программы «Оценка показателей опорной проходимости автомобилей»

Перед началом расчета в пункте меню «Выбор параметров для расчета» в соответствующих подпунктах выбирается автомобиль, тип грунта, пневматическая шина и внутренняя дополнительная опора. Исходные данные по автомобилям, характеристики шин, ВДО, грунта выбираются из перечня уже имеющихся:

а) для автомобиля:

- $G_a, G_i$  – соответственно вес автомобиля и статическая нагрузка на колесо  $i$ -той оси;
- $m, l_{1-i}$  – число осей, расстояние между первой и  $i$ -той осями;
- $K_a, B_a, H_a$  – колея, ширина и высота автомобиля;
- $N_{e\ max}, n_{dN}, n_{dM}$  – максимальная мощность двигателя и соответствующие ей и максимальному крутящему моменту частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- $\eta_m, i_{mp,k}$  – к.п.д. трансмиссии, передаточное число трансмиссии на  $k$ -той передаче;
- $Z_{TCY}, Z_w$  – высота положения тягово-сцепного устройства и центра парусности автомобиля, стоящего на твердой опорной поверхности.

б) для шины:

- $r, R_k, \rho$  – свободный радиус, ширина беговой дорожки шины и ее радиус кривизны;
- $C_{шн}$  и  $C_{ш}$  – радиальная жесткость шины при номинальном и при интересующем давлении воздуха в ней;
- $Z_{шд}$  – максимальный допустимый прогиб шины (может быть вычислен через свободные радиусы шины и внутреннего опорного элемента, а также толщину беговой дорожки шины);
- $f_{шн}$  – коэффициент сопротивления качению шины на твердой поверхности при номинальном давлении;
- $K_{ш}, K_0, K_H$  – соответственно коэффициенты трения материала шины о грунт, очищаемости на выбранном грунте и насыщенности протектора.

в) для внутренней дополнительной опоры:

- $B_v, \rho_v$  и  $Z_v$  – соответственно ширина и радиус поперечной кривизны беговой дорожки, прогиб опоры, м;
- $r_v$  – свободный радиус опоры, м;
- $C_v$  – радиальная жесткость опоры, Н/м;
- $K_{HV}, K_{OV}, K_{шV}, K_V$  – коэффициенты насыщенности и очищаемости беговой дорожки ВДО и коэффициент ее трения о шину и грунт;
- $f_v$  – коэффициент сопротивления качению опоры.

г) характеристики грунтовой поверхности:

- $p_r$  и  $\mu$  – удельное сопротивление грунта вдавливанию на глубине 0,01 м и степенной коэффициент изменения этого сопротивления по глубине вдавливания;
- $\varphi_0$  и  $c_0$  – угол внутреннего трения и удельное сопротивление грунта сдвигу;
- $X_{сдт}$  – величина относительного сдвига грунта, при котором тангенциальное напряжение достигает максимума;
- $\gamma_r$  – удельный вес грунта.

Если необходимые исходные данные в перечне отсутствуют, можно внести их с помощью соответствующих обозначений пункта меню «Справочные данные» (рис. 10).

Марка	Основные размеры, см				количество осей	количество передач в КПП	количество передач в РК	Расстояние от			Передачные числа КПП												
	высота	колея	ширина	дорожный просвет				i=2	i=3	i=4	1	2	3	4	5	6	7						
ГАЗ-33097	279	182	234	60	90	2	5	2	377				6,28599	3,39100	2,13299	1,35099	1						
ГАЗ-233014	240	184	220	40	47,5	2	5	2	330				5,71400	3,08299	1,93900	1,22800	1						
ГАЗ-2330361	240	184	220	40	47,5	2	6	2	330				5,71000	3,42000	2,13999	1,37000	1	0,81					
ГАЗ-39371-4	214	223	260	47,5	80	2	5	2	300				6,38999	3,55999	2,14000	1,23000	1						
УАЗ-3151	205	145,3	120,5	28,5	59,5	2	4	2	230				3,77999	2,59999	1,54999	1	0,81999						
УАЗ-3153	211	144,5	174,2	28,5	70	2	4	2	276				3,77999	2,59999	1,54999	1	0,81999						
ЗИЛ-4327	297	183,8	250	23	88	2	5	2	450				7,82000	4,03000	2,5	1,52999	1						
КАМАЗ-4326	321,5	201	250	39	104,6	2	5	2	420				7,82000	4,03000	2,5	1,52999	1						
Урал-43206	296,5	201	250	40	70	2	5	2	440,5				5,26000	2,5	1,51999	1	0,66399						
ВПК-3927	210	214	250	40	74	2	5	2	330				5,71400	3,08299	1,93900	1,22800	1						
ГАЗ-66-40	2300	182	235	31,5	80,6	2	5	2	330				6,28599	3,39100	2,13299	1,31500	1						
ЗИЛ-432720	281	182	247,5	23	70	2	5	2	334				6,28599	3,39100	2,13299	1,35099	1						
ГАЗ-3308	278	182	234	31,5	90	2	4	2	377				6,28599	3,39100	2,13299	1,31500	1						
ВАЗ-2121	300	143	234	21	50	2	4	2	220				3,66700	2,09999	1,36099	1							
ЗИЛ-432730	279	182	247,5	23	70	2	5	2	414				6,28599	3,39100	2,13299	1,35099	1						
ГАЗ-33081	278	182	234	31,5	90	2	5	2	377				6,28599	3,39100	2,13299	1,35099	1						
УАЗ-3172	210	146	188	30	70	2	4	2	270				3,77999	2,59999	1,54999	1	0,81999						
УАЗ-3160	193,5	144,5	202	21	42	2	5	2	240				3,77999	2,59999	1,54999	1	0,81999						

Рисунок 10 – Пункт меню «Справочные данные»

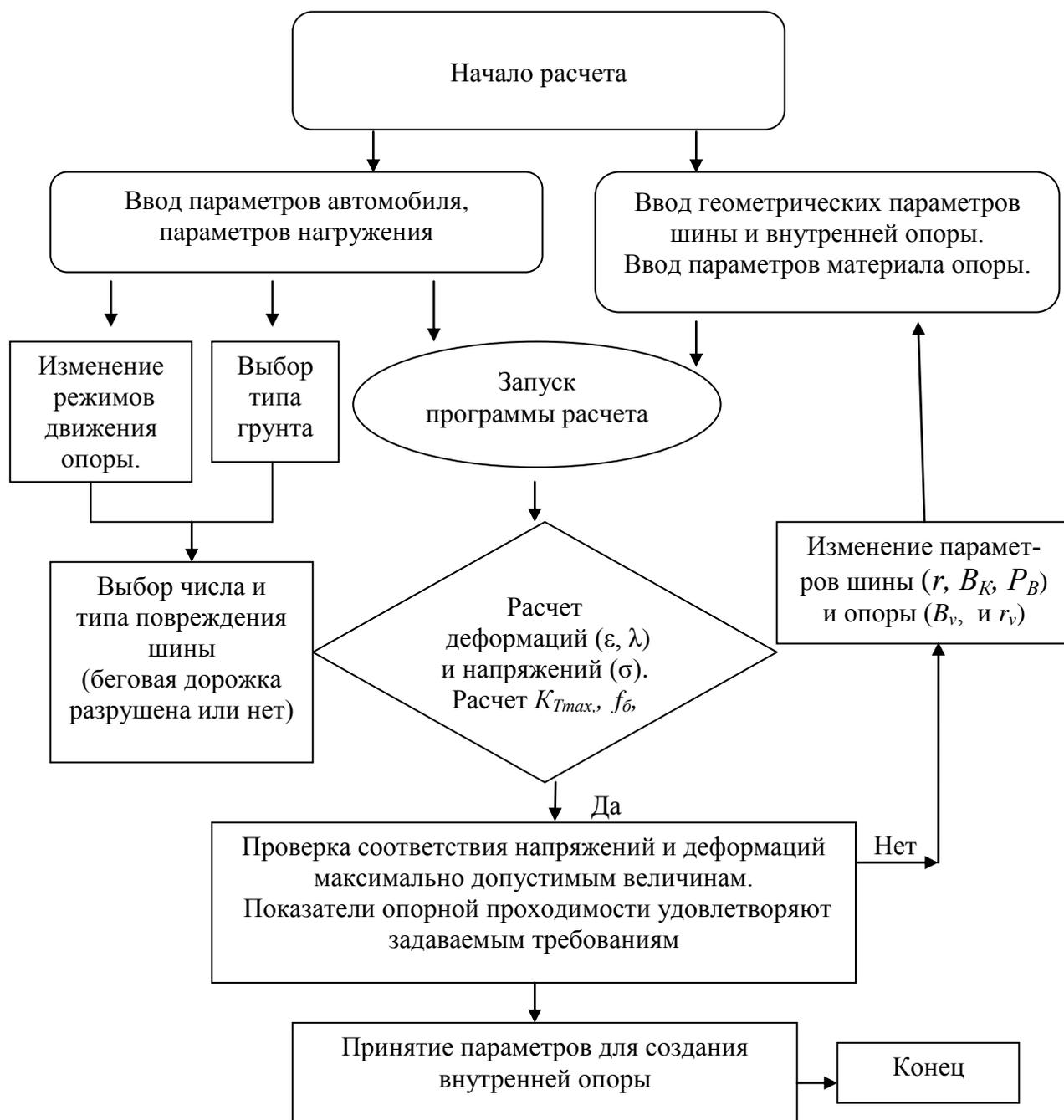


Рисунок 11 – Алгоритм программы расчетов

Далее, после нажатия на кнопку «Пуск», начинается процесс расчета. Результаты расчетов сохраняются автоматически в двух файлах с одинаковым именем, представляющим собой условное обозначение автомобиля. Один из них, с расширением RES, содержит результаты расчета в краткой форме, а второй, с расширением DAT, полные результаты расчетов (рис.12).

По окончании расчетов на экране отображаются расчетные показатели опорной проходимости, а в файл, кроме того, заносятся подробные характеристики движения автомобиля в каждом режиме (реакции и моменты на колесах, прогибы шин, глубины колеи, буксования и т.д.).

Таким образом, предложенная методика позволяет проводить необходимые расчетные исследования по оценке влияния конструкции колес и жесткостных параметров шин и опор

на показатели безопасности колес и эксплуатационные свойства автотранспортных средств в широком диапазоне изменения их характеристик.

рв	1.00							
Режим	максимальной	тяги		Fa=	0.41100	Ktmaxn=	0.268	
	s	rk	z	h	Pk	F	Mk	Rz
1-колесо:	0.396	36.5	7.9	9.0	647.7	0.0	585	2343
2-колесо:	0.391	36.5	9.4	19.3	735.9	0.0	691	2791
3-колесо:	0.390	36.5	9.5	29.0	741.6	0.0	686	2791

Свободный режим движения		Fa=	0.09399	Ktmaxn=	0.000			
		h	Pk	F	Mk	Rz		
1-колесо:	0.007	59.3	9.6	3.1	36.2	0.0	181	2515
2-колесо:	0.001	59.3	10.7	3.9	-30.0	0.0	129	2705
3-колесо:	-0.000	59.3	10.9	4.1	-5.9	0.0	132	2705

Режим максимальной скорости								
	itr	nd	Umax					
9	62.916	2200	7.8	км/ч				
8	48.494	2200	10.1	км/ч				
7	32.262	2200	15.3	км/ч				
6	22.815	2200	21.6	км/ч				
5	17.840	2200	27.6	км/ч				
4	13.669	1429	23.4	км/ч				

1-колесо:	0.008	59.3	9.6	3.1	44.8	0.0	185	2513
2-колесо:	0.001	59.3	10.7	3.9	-25.5	0.0	132	2706
3-колесо:	0.000	59.3	10.9	4.1	-5.5	0.0	133	2706
Максим. скорость		27.58 км/ч		при об.		2200 пер.	числе	тран. 17.840

Рисунок 12 – Результаты расчета

Кроме того, исходя из значений параметров пневматической шины и внутренней дополнительной опоры, полученных в результате расчетно - экспериментальных исследований, а также зная их соотношения геометрического и силового подобия, можно прогнозировать свойства автомобилей с «безопасными» колесами разной конструкции, в том числе показатели их подвижности, экстраполируя эти значения на автомобили с перспективными конструктивными решениями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2291788 Российская Федерация, Колесо транспортного средства [Текст] / Абрамов В. Н., Чистов М. П., Веселов И.В.; от 20.01.07.
2. Пат. 2397878 Российская Федерация, Безопасная шина каркасного типа [Текст] / Абрамов В. Н., Веселов И. В., Чистов М. П., Усов А. Т.; от 27.08.10.
3. Положительное решение о выдаче патента на изобретение «Внутренняя опора пневматической шины безопасного колеса» №2009124863 от 26.01.2011 г. Авторы: Абрамов В. Н., Веселов И. В., Чистов М. П., Усов А. Т, Бабакин А. Н., Сдобнов К. С.
4. Абрамов, В. Н. Проблема обеспечения сохраняемости и долговечности шин и резинотехнических изделий автомобильного транспорта, эффективные пути ее решения [Текст] / В. Н. Абрамов. - М: ВИНТИ, 2005. – 660 с.
5. Создание «безопасного» колеса с пневматической бескамерной шиной и внутренней дополнительной опорой для изделия ГАЗ-39371: отчет о НИР «Гидроген» (5 этап) / 21 НИИИ МО РФ; исп. М. П. Чистов, В. Н. Абрамов, А. А. Чибисов, Г. П. Новиков, В. Б. Каспаров В.Б., инв. № 8873 – 2004. – 93с.
6. Типовые испытания «безопасных» колес для изделия ГАЗ-39371»: отчет о НИР «Гидроген» (10 этап) / 21 НИИИ МО РФ; исп. М. П. Чистов, В. Н. Абрамов и др. - Инв. № 8635. - 2005.

### Абрамов Вячеслав Николаевич

Научно-исследовательский испытательный центр (исследований и перспектив развития автомобильной техники Вооруженных Сил Российской Федерации) «Федерального бюджетного учреждения 3 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации» - НИИЦ АТ ВС «ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ»

Адрес: 140170, г. Бронницы, Московская область, Красная ул., 85

Д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник

Тел.: +7(915)4277720, +7(495)9966802

E-mail: tabakar456@mail.ru

### Чибисов Андрей Александрович

Главное автобронетанковое управление Министерства обороны Российской Федерации - ГАБТУ МО РФ, помощник председателя Научно-технического комитета автомобильной техники - НТК АТ

Адрес: 119160, г. Москва, войсковая часть 93603

Аспирант кафедры «Автомобильный транспорт» МГАУ им. В.П. Горячкина  
Тел.: +7(926)7687687, +7(495)9969116  
E-mail: georg-novik@mail.ru

**Новиков Георгий Павлович**

Научно-исследовательский испытательный центр (исследований и перспектив развития автомобильной техники Вооруженных Сил Российской Федерации) «Федерального бюджетного учреждения 3 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации» - НИИЦ АТ ВС «ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ»

Адрес: 140170, г. Бронницы, Московская область, Красная ул., д. 85  
Канд. техн. наук, доцент, ведущий научный сотрудник  
Тел.: +7(926)7687687, +7(495)9969116  
E-mail: georg-novik@mail.ru

**Каспаров Владислав Борисович**

Научно-исследовательский испытательный центр (исследований и перспектив развития автомобильной техники Вооруженных Сил Российской Федерации) «Федерального бюджетного учреждения 3 Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны Российской Федерации» - НИИЦ АТ ВС «ФБУ 3 ЦНИИ МО РФ»

Адрес: 140170, г. Бронницы, Московская область, Красная ул., д. 85  
Начальник научного управления  
Тел.: +7(926)7687687, +7(495)9969116  
E-mail: vladislav\_2802@mail.ru

---

V. N. ABRAMOV, A. A. CHIBISOV, G. P. NOVIKOV, V. B. KASPAROV

## MOTIVATION TO RATIONAL DESIGN OF THE LIMITERS TO DEFORMATION (INTERNAL FULL TILT) "SAFE" TRAVELL ABOUT CAR TRANSPORT FACILITIES WITH LOW LEVEL OF THE VOLTAGES

*In article are brought results of modeling tense-deformed conditions internal full tilt and estimations to supporting passability full drive cars with use "safe" travell about in different condition of the motion. Using "safe" travell about transport facility allows to raise the mobility and in particular passability of the car.*

*The Offered methods of the calculation, allowing conduct necessary accounting - an experimental studies on estimation of the influence to designs travell about, acerbitys parameter buses and full tilt on capacity to work "safe" travell about and working characteristic of the car transport in broad range of the change of their features. As well as forecast the characteristic of the cars with "safe" wheel to design miscellaneous, including factors to their mobilities, on stage of the designing sample.*

**Keywords:** car transport facilities; "safe" wheel; internal additional handhold; tense-deformed condition; methods calculation; supporting passability; voltages; deformation.

### BIBLIOGRAPHY

1. Pat. 2291788 Rossiskaya Federatsiya, Koleso transportnogo sredstva [Tekst] / Abramov V. N., Chistov M. P., Veselov I. V.; ot 20.01.07.
2. Pat. 2397878 Rossiyskaya Federatsiya, Bezopasnaya shina karkasnogo tipa [Tekst] / Abramov V. N., Veselov I. V., Chistov M. P., Usov A. T.; ot 27.08.10.
3. Polozhitel'noe reshenie o vydache patenta na izobretenie "Vnutrennyaya opora pnevmaticheskoy shiny bezopasnogo kolesa" №2009124863 ot 26.01.2011 g. Avtory: Abramov V. N., Veselov I. V., Chistov M. P., Usov A. T., Babakin A. N., Sdobnov K. S.
4. Abramov, V. N. Problema obespecheniya sokhranyaemosti i dolgovechnosti shin i rezinotekhnicheskikh izdeliy avtomobil'nogo transporta, effektivnye puti ee resheniya [Tekst] / V. N. Abramov. - M: VINITI, 2005. - 660 s.
5. Sozdanie "bezopasnogo" kolesa s pnevmaticheskoy beskamernoy shinoy i vnutrenney dopolnitel'noy oporoy dlya izdeliya GAZ-39371: otchet o NIR "Gidrogen" (5 etap) / 21 NIИ МО РФ; isp. M. P. Chistov, V. N. Abramov, A. A. Chibisov, G. P. Novikov, V. B. Kasparov V.B. , inv. № 8873 - 2004. - 93s.
6. Tipovye ispytaniya "bezopasnykh" koles dlya izdeliya GAZ-39371": otchet o NIR "Gidrogen" (10 etap) / 21 NIИ МО РФ; isp. M. P. Chistov, V. N. Abramov i dr. - Inv. № 8635. - 2005.

**Abramov Vyacheslav Nikolaevich**

Research test centre (studies and prospects of the development of the car technology of Armed Power to Russian Federation) "Federal budgetary institution 3 Central research institutes Ministry of defense to Russian Federation" - NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"

Address: 140 170, Bronnitsy, Moscow Region, Red Street., Etc. 85

Doctor of the technical sciences, professor, main scientific employee

Tel.: +7(9267)687687, +7(4959)969116

E-mail: tabakar456@mail.ru.

**Chibisov Andrey Aleksandrovich**

The Main car armored management Ministry of defense to Russian Federation - GABTU MO RF, assistant of the chairman of the Research committee of the car technology - NTK AT

Address: 119160, Moscow, military unit 93603

The graduate student of the pulpit "Car transport" VGOU VPO MGAU im. V.P. Goryachkina)

Tel.: +7(9267)687687, +7(4959)969116

**Novikov Georgiy Pavlovich**

Research test centre (studies and prospects of the development of the car technology of Armed Power to Russian Federation) "Federal budgetary institution 3 Central research institutes Ministry of defense to Russian Federation" - NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"

Address: 140170, Bronnitsy, Moscow Region, Red Street., Etc. 85

Candidate of the technical sciences, assistant professor, leading scientific employee

Tel.: +7(9267)687687, +7(4959)969116

E-mail: georg-novik@mail.ru

**Kasparov Vladislav Borisovich**

Research test centre (studies and prospects of the development of the car technology of Armed Power to Russian Federation) "Federal budgetary institution 3 Central research institutes Ministry of defense to Russian Federation" - NIIC AT VS "FBU 3 CNII MO RF"

Address: 140170, Bronnitsy, Moscow Region, Red Street., Etc. 85

Chief of scientific management

Tel.: +7(9267)687687, +7(4959)969116

E-mail: vladislav\_2802@mail.ru

**Вашему вниманию представляется учебное пособие  
«ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА  
СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ»  
под редакцией канд. техн. наук, доц. Н. А. Давыдова**

*В пособии приведены основные положения по формированию предприятий автомобильного транспорта как основы производственно-технической инфраструктуры сервисного обслуживания автомобилей. Рассмотрены методики технологического расчета станций технического обслуживания, автозаправочных станций и автостоянок. Отражены особенности формирования производственно-технической базы автотранспортных предприятий. Уделено внимание оснащению предприятий технологическим оборудованием, его конструкции, работе, размещению и обслуживанию.*

*Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия»  
[www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)*

УДК 621.9.048.4:537.523.4

А. В. КОЛОМЕЙЧЕНКО, В. З. ПАВЛОВ, И. С. КУЗНЕЦОВ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДРЕЙФА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ МЕЖДУ ЭЛЕКТРОДАМИ ПРИ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКЕ

*В работе осуществлена попытка теоретического определения скоростей дрейфа заряженных частиц между электродами при электроискровой обработке в зависимости от электрического напряжения на электродах и параметров окружающей среды.*

**Ключевые слова:** электроискровая обработка, катод, анод, ионизация, кинетическая энергия иона, напряженность электрического поля, средняя скорость дрейфа электронов, средняя скорость дрейфа ионов.

### ВВЕДЕНИЕ

В процессе электроискровой обработки протекают сложные физико-химические процессы, которые в итоге приводят к переносу материала анода на катод и контролируются балансом тепла, выделившегося в результате электрических разрядов [1-3].

### ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

При сближении электродов на некоторое расстояние между ними происходит пробой воздушного промежутка с образованием электронов и ионов. Ионизация совершается за счет энергии электрического поля между электродами. Происходит диссоциация молекул азота и кислорода на атомы с последующей их ионизацией. Под действием сил электрического поля электроны движутся к аноду, ионы - к катоду. Между ними будут происходить столкновения, возможно рекомбинация и вновь ионизация. Примем, что в среднем рекомбинацию и повторную ионизацию в общем балансе энергии можно не учитывать.

Под действием сил поля заряженные частицы ускоряются и приобретают преобладающее направление движения вдоль поля. Происходит осредненное движение электронов и ионов с некоторыми средними скоростями дрейфа частиц, которые устанавливаются между столкновениями [4]. Знание этих скоростей дрейфа частиц необходимо для расчетов основных характеристик процесса электроискровой обработки: изменения силы тока между электродами, размеров искрового разряда, энергии передаваемой катоду и аноду, размеров пятна контакта электродов и количества перенесенного металла.

Большая часть столкновений для электронов, существенно изменяющих их импульс, это столкновения со встречными ионами. Примем, что при встречном (или близком к нему) столкновении с ионом электрон теряет составляющую импульса в направлении поля, и после столкновения эта составляющая начинает возрастание с нуля.

В этом случае:

- ускорение электрона:

$$a_e = \frac{F}{m_e} = \frac{eE}{m_e}, \quad (1)$$

где  $F$  – сила, действующая на заряд в электрическом поле,  $H$ ;

$m_e$  – масса электрона, кг;

$E$  – напряженность электрического поля, В/м:

$$E = \frac{U}{h}, \quad (2)$$

где  $U$  – напряжение между анодом и катодом, В;

$h$  – расстояние между электродами, м.

При сближении электродов происходит разряд конденсатора, образованного анодом и катодом, т.е.  $h$  и  $U$  – функции времени  $t$ .

С учетом значения  $E$  выражение для ускорения электрона примет вид:

$$a_e = \frac{eU}{m_e h} \quad (3)$$

Откуда средняя скорость дрейфа электронов:

$$V_{de} = \frac{e}{2m_e} \int_0^{\tau_e} \frac{U}{h} d\tau \quad (4)$$

где  $\tau_e$  – среднее время свободного пробега электронов, с.

Изменение напряжения при разряде конденсатора можно описать известным соотношением:

$$U = U_0 \exp\left(-\frac{\tau}{RC}\right) \quad (5)$$

где  $U_0$  – начальное напряжение генератора, подаваемое на электроды, В;

$R$  – сопротивление цепи, Ом;

$C$  – емкость конденсатора, образованного электродами, Ф.

Для вычисления интеграла (4) необходимо определить функцию  $h(\tau)$ .

Примем следующие допущения:

- колебания вибратора являются гармоническими;
- амплитуда колебаний вибратора больше расстояния пробоя между электродами;
- в нижней точке колебаний вибратор контактирует с катодом без значительного усилия нажима.

При таких условиях закон колебания вибратора можно описать функцией (рис. 1):

$$y = A \sin 2\pi f \tau_e \quad (6)$$

где  $A$  – амплитуда колебаний вибратора, м;

$f$  – частота, Гц;

$\tau_e$  – время для вибратора, с.

Колебание вибратора – процесс непрерывный и периодический, начало отсчета времени можно принять в точке  $\tau_e = 0$  при  $y = A$ . При определении величины  $h(\tau)$  целесообразно перейти к шкале времени  $\tau$ , в которой  $\tau = 0$  будет соответствовать начальному расстоянию между электродами  $h_0$ , при котором возникает разряд:

$$h_0 = h_{np} = \frac{U_0}{E_{np}} \quad (7)$$

где  $h_{np}$  – расстояние пробоя, м;

$E_{np}$  – напряжение пробоя, В/м.

Закону (6) будет соответствовать функция:

$$h = A \sin 2\pi f (\tau + \tau_c) \quad (8)$$

где начальному моменту времени будет соответствовать значение  $\tau_0 = \tau_c$  (рис. 1):

$$\tau_c = \frac{1}{2\pi f} \arcsin\left(1 - \frac{h_0}{A}\right) \quad (9)$$

а конечному моменту времени  $\tau_D = \frac{1}{4f}$  соответствует касание электродов.

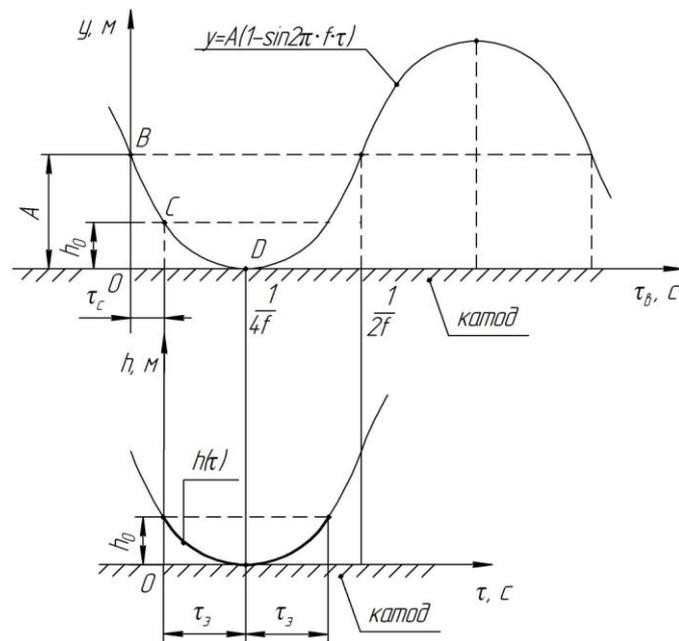


Рисунок 1 – График функции движения электрода

Длительность движения анода от начала пробоя до контакта с катодом:

$$\tau_3 = \tau_D - \tau_c = \frac{1}{4f} - \tau_c \quad (10)$$

или

$$\tau_3 = \frac{1}{4f} \left[ 1 - \frac{2}{\pi} \arcsin \left( 1 - \frac{h_0}{A} \right) \right] \quad (11)$$

График зависимости времени сближения электродов  $\tau_3$  от амплитуды колебания вибратора и начального напряжения генератора  $U_0$  приведен на рисунке 2.

Учитывая, что величина  $\tau_3$  не имеет резких изменений, а  $\tau_c \ll \tau_3$ , то можно ввести среднее значение  $h$  за период времени  $0 \dots \tau_3$ :

$$h_{cp} = \frac{1}{\tau_e} \int_0^{\tau_e} h \, d\tau \quad (12)$$

После интегрирования получим:

$$h_{cp} = A \left[ 1 - \frac{\sin \pi f \tau_e \cdot \sin \pi f (\tau_e + 2\tau_c)}{\pi f \tau_e} \right] \approx A \left[ -\sin \pi f (\tau_e + 2\tau_c) \right] \quad (13)$$

НО

$$\begin{aligned} \sin \pi f (\tau_e + 2\tau_c) &\approx \sin \pi f \tau_e \cdot \cos 2\pi f \tau_c + \cos \pi f \tau_e \cdot \sin 2\pi f \tau_c \approx \\ &\approx \pi f \tau_e \cdot \cos 2\pi f \tau_c + 2 \sin \pi f \tau_c \end{aligned} \quad (14)$$

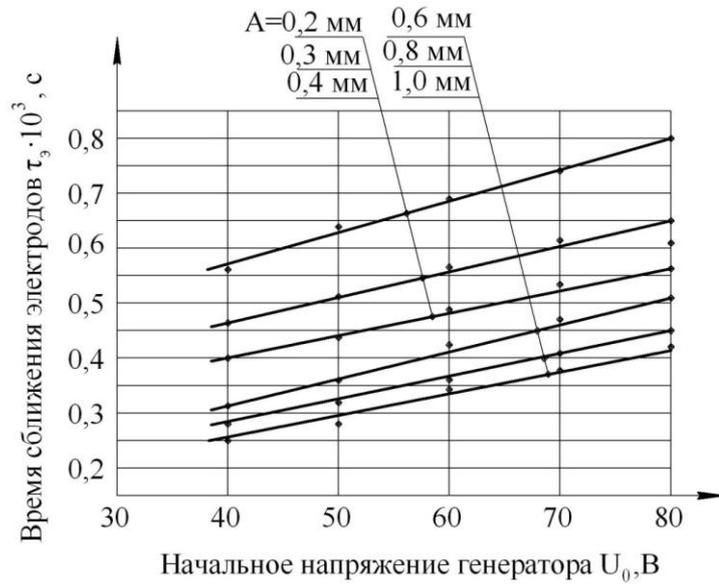


Рисунок 2 – Время сближения электродов при искровом разряде и частоте генератора  $f = 100$  Гц

НО

$$\begin{aligned} \sin \pi f \left( \tau_e + 2\tau_c \right) &\approx \sin \pi f \tau_e \cdot \cos 2\pi f \tau_c + \cos \pi f \tau_e \cdot \sin 2\pi f \tau_c \approx \\ &\approx \pi f \tau_e \cdot \cos 2\pi f \tau_c + 2 \sin \pi f \tau_c \end{aligned} \quad (14)$$

тогда

$$h_{cp} = A \left( -\sin 2\pi f \tau_c - \pi f \tau_e \cos 2\pi f \tau_c \right) \quad (15)$$

После подстановки значений  $\tau_c$  из формулы (9) найдем:

$$h_{cp} = h_0 - B \tau_e \quad (16)$$

где  $B$  – коэффициент.

$$B = \pi f \sqrt{h_0 (A - h_0)} \approx \pi f \sqrt{2Ah_0} \quad (17)$$

Подставив изменение напряжения  $U$  и  $h_{cp}$  из формул (5) и (16) в зависимость для определения средней скорости дрейфа электронов (4) найдем:

$$V_{de} = \frac{eU_0}{2m_e h_{cp}} \int_0^{\tau_y} \exp\left(-\frac{\tau}{RC}\right) d\tau = \frac{eU_0 RC}{2m_e} \cdot \frac{1 - \exp\left(-\frac{\tau_e}{RC}\right)}{h_0 - B \tau_e} \quad (18)$$

Так как

$$\frac{\tau_e}{RC} \ll 1,$$

то ограничиваясь двумя членами разложения в ряд функции,

$$\exp\left(-\frac{\tau_e}{RC}\right)$$

получим:

$$V_{de} = \frac{eU_0}{2m_e} \cdot \frac{\tau_e}{h_0 - B\tau_e} \quad (19)$$

Если за секунду происходит  $\nu_e$  столкновений электрона с ионами, то интервал времени свободного движения между столкновениями:

$$\tau_e = \frac{1}{\nu_e} \quad (20)$$

Эффективное сечение столкновения:

$$\sigma_s = \pi (r_e + r_i)^2 \approx \pi r_i^2 \quad (21)$$

где  $r_e$  – радиус электрона, м;

$r_i$  – радиус иона, м.

Среднее число столкновений в единицу времени.

$$\gamma_e = 2n\sigma_s (v_{de} + V_{di}) \quad (22)$$

так как  $v_{di} \ll V_{de}$ , то

$$\nu_e \approx 2n\sigma_s V_{de} \quad (23)$$

где  $V_{di}$  – средняя скорость дрейфа ионов, м/с;

$n$  – число двухатомных молекул воздуха,  $1/м^3$ .

То есть в формуле (23) величина  $2n$  – это число электронов при однократной ионизации.

С учетом значения эффективного сечения (21) среднее число столкновений электронов с ионами:

$$\nu_e = 2n\pi r_i^2 V_{de} \quad (24)$$

Тогда формула (20) примет вид:

$$\tau_e = \frac{1}{\pi r_i^2 N_e V_{de}} \quad (25)$$

где число электронов в единицы объема  $N_e = 2n$ .

Подставив выражение (25) в формулу (19), найдем среднюю скорость дрейфа электронов:

$$V_{de} = \frac{f}{r_i^2 N_e} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{eU_0 N_e}{\pi m_e A} \cdot \left( \frac{r_i}{f} \right)^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{A}{2h_0}} \quad (26)$$

Учитывая, что второе слагаемое под корнем на несколько порядков превышает единицу, получим:

$$V_{de} = \frac{1}{r_i} \sqrt{\frac{eU_0}{2\pi h_0 m_e N_e}} \quad (27)$$

После подстановки  $h_0$  из формулы (7) в выражение (27) окончательно найдем скорость дрейфа электронов:

$$V_{de} = \frac{1}{r_i} \sqrt{\frac{eE_{np}}{2\pi m_e N_e}}. \quad (28)$$

Кинетические энергии иона и электрона в электрическом поле сопоставимы, и в первом приближении примем, что после встречного (или близкого к нему) столкновения иона с электроном начальная скорость иона на участке свободного пробега значительно меньше конечной, то есть можно принять:

$$V_{di} \approx \frac{1}{2} (V_i)_{\max}, \quad (29)$$

где  $(V_i)_{\max}$  – максимальная скорость иона на участке его свободного пробега (конечная скорость), м/с.

В этом случае аналогично вышеизложенным выкладкам для электрона получим, что среднее время свободного пробега иона и скорость его свободного пробега рассчитываются по формулам:

$$\tau_i = \frac{1}{\pi r_i^2 N_i V_{di}}, \quad (30)$$

где  $N_i$  – концентрация ионов,  $1/\text{м}^3$ .

$$V_{di} = \frac{1}{r_i} \sqrt{\frac{eE_{np}}{2\pi m_i N_i}}, \quad (31)$$

где  $m_i$  – масса иона, кг.

Концентрация ионов при однократной ионизации:

$$N_i = N_e = 2n \quad (32)$$

Начальная концентрация электронов и ионов (при возникновении электрического разряда):

$$N_{eo} = N_{io} = 2 \cdot \frac{P_o}{kT_o}, \quad (33)$$

где  $P_o$  – начальное давление (атмосферное) окружающей среды, Па;

$T_o$  – температура окружающей среды, °К;

$k$  – постоянная Больцмана, Дж/°К.

Для обычных условий:

$$N_{eo} = N_{io} = 2 \cdot \frac{10^5}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 295} = 0,5 \cdot 10^{26}, \frac{1}{\text{м}^3}.$$

По формуле (28) начальная средняя скорость дрейфа электрона составит:

$$(V_{de})_0 = \frac{1}{3,5 \cdot 10^{-10}} \left( \frac{1,602 \cdot 10^{-19} \cdot 3,2 \cdot 10^6}{2 \cdot 3,4 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 0,5 \cdot 10^{26}} \right)^{\frac{1}{2}} = 1,2 \cdot 10^5, \text{ м/с}. \quad (34)$$

При расчете средней скорости дрейфа ионов, массу иона примем равной средневзвешенной по объемному соотношению кислорода и азота. Тогда начальная средняя скорость

дрейфа иона будет равна:

$$(V_{di})_0 = (V_{de})_0 \cdot \sqrt{\frac{m_e}{m_i}} = 1,2 \cdot 10^5 \cdot \sqrt{\frac{9,1 \cdot 10^{-31}}{2,39 \cdot 10^{-26}}} = 0,75 \cdot 10^3, \text{ м/с.} \quad (35)$$

## ВЫВОД

Таким образом, можно утверждать, что скоростей дрейфа заряженных частиц при электроискровой обработке составит  $0,75 \cdot 10^3$  м/с и  $1,2 \cdot 10^5$ . Полученное значение скорости дрейфа заряженных частиц позволит, рассчитать диаметр искрового разряда, а также определить температурные поля и параметры массопереноса при электроискровой обработке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазаренко, Н. И. Электроискровое легирование металлических поверхностей [Текст] / Н. И. Лазаренко. - М.: Машиностроение, 1976.
2. Самсонов, Г. В. Электроискровое легирование металлических поверхностей [Текст] / Г. В. Самсонов и др. - Киев: Наукова думка, 1976.
3. Бурумкулов Ф. Х. Электроискровое легирование металлических поверхностей [Текст] / Ф. Х. Бурумкулов и др. - Саранск: ИМЭ МГУ, 2004.
4. Фейнман, Р. Фейнмановские лекции по физике: Кинетика. Теплота. Звук. [Текст] / Р. Фейнман и др. - Пер. с англ. Т. 4 - М.: Эдиториал УРСС, 2004.

### Коломейченко Александр Викторович

ВГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»  
Адрес: 302019, г.Орел, ул. Генерала Родина, 69  
Д-р техн. наук, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин»  
Тел.: +7(4862)431979  
E-mail: kolom\_alla@inbox.ru

### Павлов Вальжен Залманович

ВГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»  
Адрес: 302019, г.Орел, ул. Генерала Родина, 69  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Надежность и ремонт машин»  
Тел.: +7(4862)431979  
E-mail: ivan-654@yandex.ru

### Кузнецов Иван Сергеевич

ВГБОУ ВПО «Орловский государственный аграрный университет»  
Адрес: 302019, г.Орел, ул. Генерала Родина, 69  
Тел.: +7(4862)431979  
E-mail: ivan-654@yandex.ru

---

A. V. KOLOMEICHENKO, V. Z. PAVLOV, I. S. KUZNETSOV

## DETERMINATION OF THE DRIFT VELOCITY OF CHARGED PARTICLES BETWEEN ELECTRODES IN THE ELECTROSPARK PROCESSING

*This paper is an attempt to determine the theoretical drift velocities of charged particles between electrodes in the electrospark processing depending on the voltage across the electrodes and the parameters of the environment.*

**Keywords:** electrospark processing, cathode, anode, ionization, kinetic energy of the ion, the electric field, the average electron drift velocity, the average drift velocity of ions.

## BIBLIOGRAPHY

1. Lazarenko, N. I. Elektroiskrovoye legirovanie metallicheskih poverkhnostey [Tekst] / N. I. Lazarenko. - M.: Mashinostroenie, 1976.
2. Samsonov, G. V. Elektroiskrovoye legirovanie metallicheskih poverkhnostey [Tekst] / G. V. Samsonov i dr. - Kiev: Naukova dumka, 1976.

3. Burumkulov F. H. Elektroiskrovoe legirovanie metallicheskih poverkhnostey [Tekst] / F. H. Burumkulov i dr. - Saransk: IME MGU, 2004.

4. Feynman, R. Feynmanovskie lektzii po fizike: Kinetika. Teplota. Zvuk. [Tekst] / R. Feynman i dr. - Per. s angl. T. 4 - M.: Editorial URSS, 2004.

**Kolomeychenko Alexander Victorovich**

FGBOU VPO «Orel State Agrarian University»

Address: 302019, Orel, ul. General Homeland, 69

Dr. Sc. Sciences, Associate Professor, "Reliability and maintenance of machinery"

Tel.: +7(4862)431979

E-mail: kolom\_alla@inbox.ru

**Pavlov Valzhen Zalmanovich**

FGBOU VPO «Orel State Agrarian University»

Address: 302019, Orel, ul. General Homeland, 69

Candidate Technical Sciences, Associate Professor, "Reliability and maintenance of machinery"

Tel.: +7(4862)431979

E-mail: ivan-654@yandex.ru

**Kuznetsov Ivan Sergeevich**

FGBOU VPO «Orel State Agrarian University»

Address: 302019, Orel, ul. General Homeland, 69

Tel.: +7(4862)431979

E-mail: ivan-654@yandex.ru

*Продолжается подписка на журнал  
«Мир транспорта и  
технологических машин»*

*Подписной индекс журнала:*

*16376 («Пресса России»)*

*Подписка через редакцию:*

*(с любого месяца)*

*Информация о подписке на нашем сайте*

*[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

*Тел. +7 (4862) 43-48-90*

**Вашему вниманию представляется учебное пособие  
«АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ  
И КОМПЛЕКСЫ»**

**авторов: д-ра техн. наук, профессора А.Н. Новикова  
и канд. техн. наук А. Л. Севостьянова**

*В пособии приведены основные характеристики автозаправочных станций, рассмотрены вопросы технической эксплуатации автозаправочных станций, их территориального размещения, экологической и пожарной безопасности, а также ремонта технологического оборудования автозаправочных станций.*

*Оригинал-макет данного издания является собственностью ФГОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»,  
302030, г. Оrel, ул. Московская, 65  
[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

Е. В. АГЕЕВ

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ НА ОСНОВЕ НАУЧНО ОБОСНОВАННЫХ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ, МАТЕРИАЛОВ И УСТРОЙСТВ

*Рассмотрена ресурсосберегающая технология получения и свойства износостойких порошковых материалов, получаемых из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования. Данные порошковые материалы рекомендуются использовать для повышения эксплуатационных показателей изношенных деталей автомобилей, работающих в условиях абразивного изнашивания. Представлены технические и технологические решения, направленные на получение износостойких покрытий на деталях автомобилей, с использованием порошкового материала, полученного из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов, внедренные в реальный сектор экономики.*

*Ключевые слова:* автомобиль, износ, порошковые материалы, восстановление деталей.

### ВВЕДЕНИЕ

К моменту списания автомобилей для повторного использования путем восстановления пригодно 65-75% деталей. Поэтому организация восстановления изношенных деталей автомобилей является важным резервом удовлетворения народного хозяйства запасными частями, а также снижения расходов материальных и трудовых ресурсов.

Одной из основных причин выхода деталей из строя является износ. При большом многообразии видов и механизмов изнашивания при эксплуатации автомобилей одной из актуальных задач является повышение качества деталей, работающих в условиях абразивного и коррозионно-абразивного изнашивания. Эта проблема может быть решена за счет применения эффективных способов поверхностного упрочнения при восстановлении деталей автомобилей путем применения порошковых износостойких материалов, обеспечивающих получение покрытия с заданными физическими свойствами.

Выбору способа рационального восстановления и упрочнения деталей автомобилей посвящены работы В.А. Шадричева, М.А. Масино, В.И. Черноиванова, И.Е. Дюмина, Э.С. Каракозова, В.П. Лялякина, Б.К. Ушакова, Р.А. Латыпова, В.М. Матюнина, А.Н. Новикова и др.

В качестве материала при восстановлении деталей автомобилей, работающих в условиях абразивного изнашивания, используются порошковые материалы (ПМ), в структуре которых содержатся высокотвёрдые (карбиды, бориды и т.д.) фазы и относительно пластичная матрица. Основным недостатком использования подобных ПМ является их относительно высокая стоимость.

Среди ПМ, обладающих высокой твердостью и стойкостью к абразивному износу одними из наиболее перспективных являются порошки на основе систем WC-Co, WC-TiC-Co и WC-TiC-TaC-Co, являющиеся основой спеченных твердых сплавов, переработка отходов и дальнейшее использование которых в настоящее время является актуальной проблемой. Твердосплавные пластины нашли широкое распространение в инструментальном производстве.

Промышленно применяемые в настоящее время технологии получения ПМ путем переработки отходов твёрдых сплавов отличаются крупнотоннажностью, энергоёмкостью, большими производственными площадями, а также, зачастую, экологическими проблемами (сточные воды, вредные выбросы).

Одним из наиболее перспективных методов получения порошков, практически из любого токопроводящего материала, в том числе и твердого сплава, является метод электроэрозионного диспергирования (ЭЭД), который отличается относительно невысокими энергетическими затратами, безвредностью и экологической чистотой процесса, отсутствием механи-

ческого износа оборудования, получением порошка непосредственно из кусков твердого сплава различной формы за одну операцию, получением частиц преимущественно сферической формы размером от нескольких нанометров до сотен микрон [1, 2].

К настоящему времени уровень разработки метода ЭЭД достиг опытно-промышленного производства. Но аттестация и использование получаемых порошков сдерживается отсутствием эффективного оборудования, позволяющего стабильно получать материалы с заранее заданными свойствами.

Отечественная промышленность выпускает, а промышленные предприятия используют и накапливают отходы трех групп вольфрамсодержащих твердых сплавов, различающихся по составу их карбидной основы:

- вольфрамовые – группа ВК (сплавы WC – Co);
- титано-вольфрамовые – группа ТК (сплавы WC – TiC – Co)
- титано-тантало-вольфрамовые – группа ТТК (сплавы WC – TiC – TaC – Co).

Актуальность работы, которая выполнялась в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» определяется важной народно-хозяйственной задачей создания прогрессивных, экологически чистых, энергосберегающих и безотходных технологий получения ПМ и их практического применения при ремонте деталей автомобилей.

### **ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Целью настоящей работы являлось повышение эксплуатационных показателей восстановленных деталей автомобилей на основе научно обоснованных ресурсосберегающих технологий, материалов и устройств.

Для достижения поставленной цели решался комплекс взаимосвязанных задач:

- получение порошков из отходов вольфрамсодержащих твердых сплавов методом электроэрозионного диспергирования;
- исследование физико-технологических и физико-механических свойств полученных порошковых материалов;
- разработка рекомендаций по использованию твердосплавных порошковых материалов для повышения эксплуатационных показателей изношенных деталей автомобилей, работающих в условиях абразивного изнашивания.

### **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ**

Для выполнения намеченных исследований на разработанной автором установке [3] были получены порошки из вольфрамсодержащих твердых сплавов каждой из трех групп марок ВК8, Т15К6 и ТТ20К9, отходы которых на предприятиях в наибольшем объеме.

При решении поставленных задач использовались современные методы испытаний и исследований, в том числе:

- гранулометрический состав определяли на лазерном анализаторе размеров частиц «Analysette 22 NanoТес» и атомно-силовом микроскопе «SmartSPM» фирмы «AIST-NT»;
- определение содержания кобальта и титана проводили с помощью атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на атомно-эмиссионном спектрометре фирмы «HORIBA Jobin Yvon» – модель «ULTIMA 2»;
- определение содержания общего углерода проводили методом сжигания в потоке кислорода на анализаторе углерода и серы Leco CS-400;
- определение свободного углерода проводили потенциометрическим методом по ГОСТ 25599.2–83 «Сплавы твёрдые спечённые. Методы определения свободного углерода»;
- определение содержания кислорода проводили методом восстановительного плавления (графитовый тигель) в импульсной печи сопротивления в токе инертного газа (гелий) на анализаторе кислорода и азота Leco TC-600;
- химический анализ на предмет наличия примесей, а также соотношения вольфрама, кобальта и титана проводили на аппарате рентгеновском для спектрального анализа СПЕКТРОСКАН МАКС-GV;
- определение формы и морфологии поверхности частиц порошков проводили на

электронно-ионном сканирующем (растровом) микроскопе с полевой эмиссией электронов QUANTA 600 FEG;

– рентгеноструктурный анализ проводили на рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV;

– измерение микротвёрдости проводили с использованием прибора ПМТ-3 (ТУ 3-3.1377-83) по ГОСТ 9450-76 «Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников».

### РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследования гранулометрического состава частиц порошков было установлено, что полученные порошки из ОБТС имеют в основном сферическую и эллиптическую форму размером от 3 нм до 10 мкм (рис. 1). Экспериментально установлено, что на гранулометрический состав порошка и средний диаметр частиц, полученных ЭЭД, наиболее существенное влияние оказывают режимы диспергирования (напряжение, емкость конденсаторов и частота следования импульсов) и рабочая жидкость (РЖ) (химический состав).

Экспериментально установлено, что с увеличением напряжения на электродах реактора или емкости разрядных конденсаторов увеличивается количество более крупных частиц и уменьшается количество мелких частиц. При  $U=100$  В и  $C=2,5$  мкФ получается порошок с размерами частиц от 3 нм (нанопорошок), что подтверждается исследованиями, проведенными на атомно-силовом микроскопе SmartSPM (рис. 2).

Исследования показали, что с увеличением энергии импульса средний размер частиц порошка увеличивается. Это связано с тем, что при меньшей энергии импульса градиент температур выше, следовательно, доля материала, образующегося кристаллизацией паровой фазы больше. При этом с увеличением энергии импульса количество паровой фазы, которая облепляет сферические частицы жидкой фазы, уменьшается.

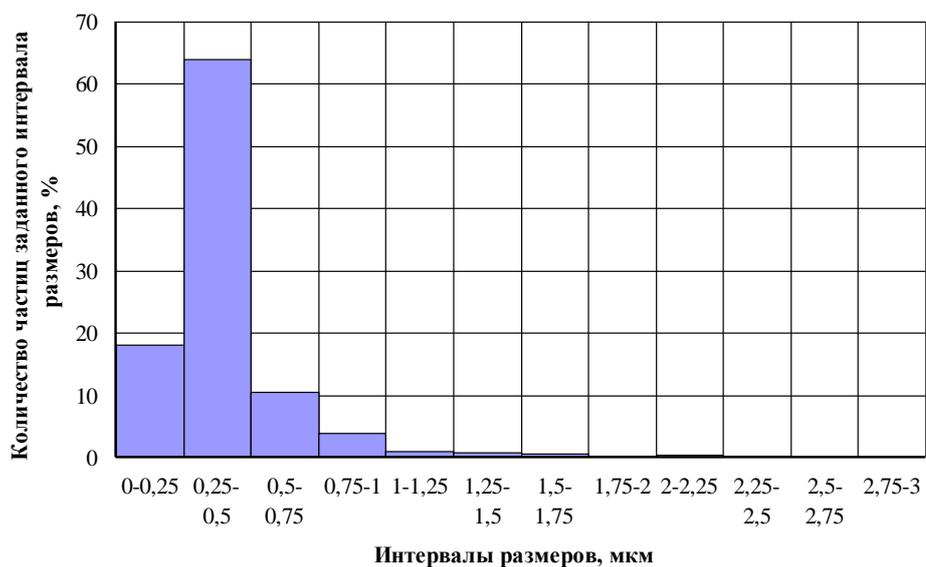
Установленные закономерности позволяют сделать вывод о том, что при ЭЭД можно управлять средним размером частиц получаемого порошка и его гранулометрическим составом с помощью энергии импульса в достаточно широких пределах.

При электроэрозионном диспергировании происходит изменение структуры, состава и свойств исходных материалов. Изменение химического состава обусловлено перераспределением элементов по объему частиц при кристаллизации, диффузией элементов в РЖ и реакциями диспергируемых материалов с РЖ и продуктами ее пиролиза.

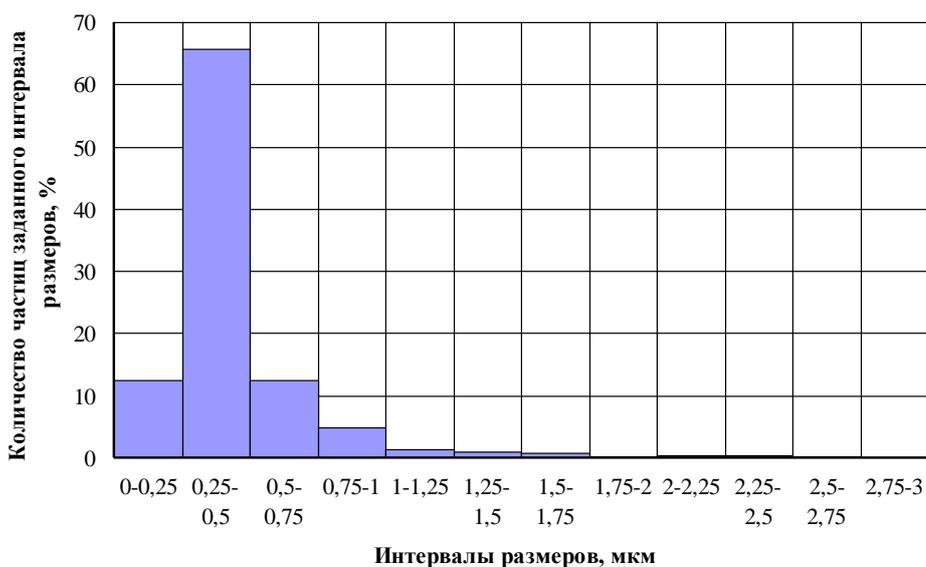
Химические составы порошков, полученных методом ЭЭД из отходов твердых сплавов марок ВК8 и Т15К6, а также исходных твердых сплавов представлены в таблице 1.

Таблица 1–Химический состав порошков, полученных из ОБТС % масс (остальное W)

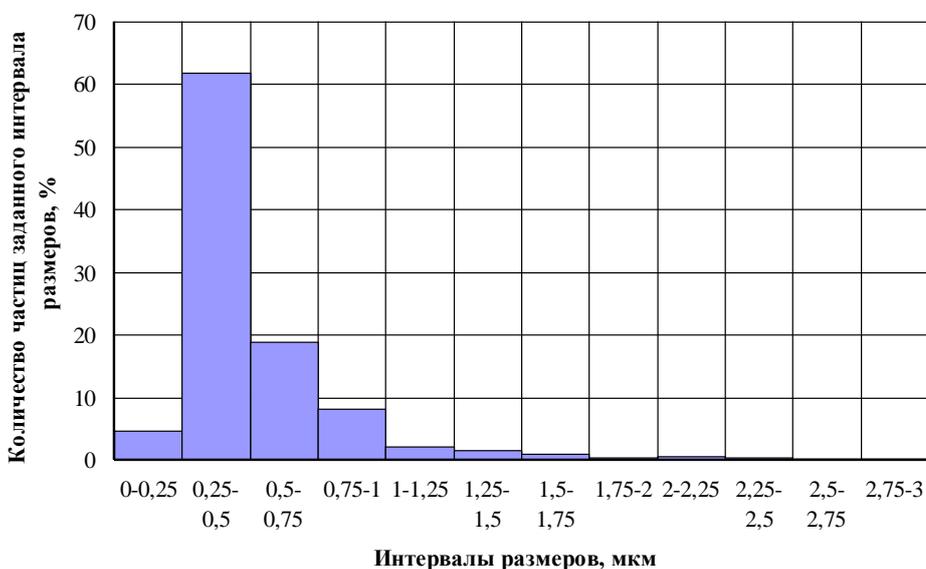
Марка сплава	Способ получения	С <sub>о</sub>	С <sub>общ</sub>	С <sub>своб</sub>	O <sub>2</sub>	TiC	TaC
ВК8	В керосине	8,32	5,89	2,13	-	-	-
	В воде	7,32	2,93	0,15	1,24	-	-
	По ТУ 49-19-10.4-73	7,8-8,6	5,7-5,95	0,1	0,5	-	-
Т15К6	В керосине	5,4	9,5	6,21	-	5,1	-
	В воде	4,5	3,12	0,471	-	7,6	-
	По ГОСТ 882-74	6,0	5,95	0,15	-	15	-
ТТ20К9	В керосине	8,32	8,32	3,75	-	9,2	4,2
	В воде	8,2	2,99	0,22	0,82	8,3	3,8
	По ТУ 48-19-341-91	8,8-9,4	5,95	0,1	0,3	15	5



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Гранулометрический состав порошка:  
а) BK8; б) T15K6; в) TT20K9

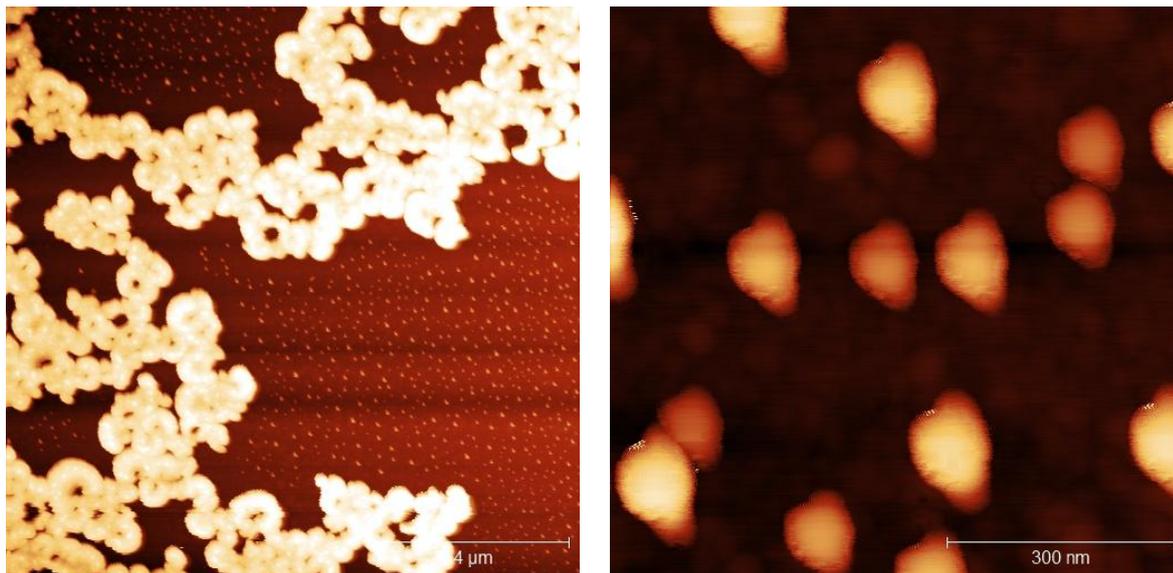


Рисунок 2 – Фото наночастиц порошка сплава ВК8

Из данных, представленных в таблице 1, видно, что при ЭД ОВТС в воде содержание углерода  $S_{\text{общ}}$  в порошке уменьшается в сравнении порошками, полученными промышленным методом и ЭД в углеродосодержащей жидкости (керосине).

Наличие свободного углерода  $S_{\text{своб}}$  (мелкодисперсной сажи) в порошке, полученном ЭД в керосине на порядок больше, чем в порошке, полученном ЭД в воде. Следует отметить, что наличие  $S_{\text{своб}}$  в порошках из рассматриваемых сплавов, полученных промышленным методом, существенно меньше, чем в порошках, полученных ЭД как в воде, так и в керосине. Увеличение содержания  $S_{\text{своб}}$  связано с тем, что при ЭД происходит испарение углерода в результате диссоциации  $WC$ ,  $TiC$ ,  $TaC$  на  $W$ ,  $Ti$ ,  $Ta$  и  $C$ . Причем скорость испарения углерода выше скорости испарения вольфрама и титана, что отражается на увеличении количества свободного углерода (мелкодисперсной сажи) в порошке.

Прохождение электрического тока через РЖ влечет ее пиролиз, в результате которого конечными продуктами распада являются водород и кислород. Газы ( $H_2$  и  $O_2$ ) в процессе диспергирования выходят на поверхность РЖ и частично взаимодействуют (кислород) с частицами порошка.

Необходимо отметить, что процесс ЭД сопровождается выделением сажи, что можно визуально наблюдать при диспергировании в воде, поскольку при нагревании  $WC$  до температур 2000–2500 °С происходит испарение углерода, так как при высоких температурах  $WC$ ,  $TiC$  и  $TaC$  диссоциирует соответственно на  $W$ ,  $Ti$ ,  $Ta$  и  $C$ , причем скорость испарения углерода выше скорости испарения вольфрама, титана и тантала. Это отражается на увеличении в порошке количества свободного углерода. А также это отмечено и на потере количества  $Ti$  по сравнению с исходным составом.

Прохождение электрического тока через РЖ ведет ее пиролиз, в результате которого вода распадается на водород и кислород:



В целом, изменение химического состава обусловлено диффузией элементов в рабочую жидкость и реакциями диспергируемого материала с РЖ и продуктами ее пиролиза.

При ЭД форма частиц порошка обусловлена тем, в каком виде материал выбрасывается из лунки (рис. 3–5). Обычно в порошке преобладают частицы, полученные кристаллизацией расплавленного материала (жидкая фаза). Они имеют правильную сферическую или эллиптическую форму. Частицы, образующиеся при кристаллизации кипящего материала (паровая фаза), имеют, как правило, неправильную форму, размер на порядок меньше час-

тиц, образующихся их жидкой фазы, и обычно агломерируются друг с другом и на поверхности других частиц. В процессе ЭЭД такие частицы наиболее подвержены химическим и фазовым изменениям.

Частицы, выбрасываемые из лунки в твердом состоянии (твердая фаза), образуются под действием ударных волн канала разряда и под действием термических напряжений, а также частицы твердой фазы образуются при хрупком изломе острых граней и краев диспергируемого материала при его перемешивании во время процесса ЭЭД. Такие частицы, как правило, имеют неправильную осколочную форму, иногда с оплавленными гранями и краями. Таким образом, порошок, полученный методом ЭЭД из отходов спеченных твердых сплавов, состоит из частиц правильной сферической формы (или эллиптической), неправильной формы (конгломератов) и осколочной формы.

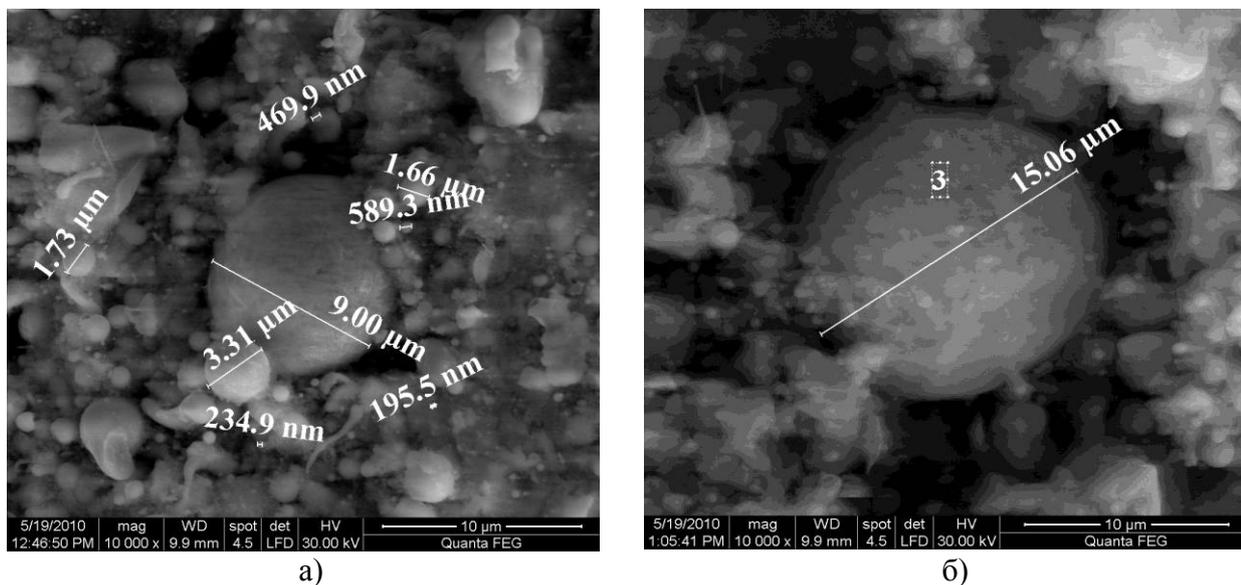


Рисунок 3 – Порошок сплава ВК8, полученный:  
а) в воде; б) в керосине

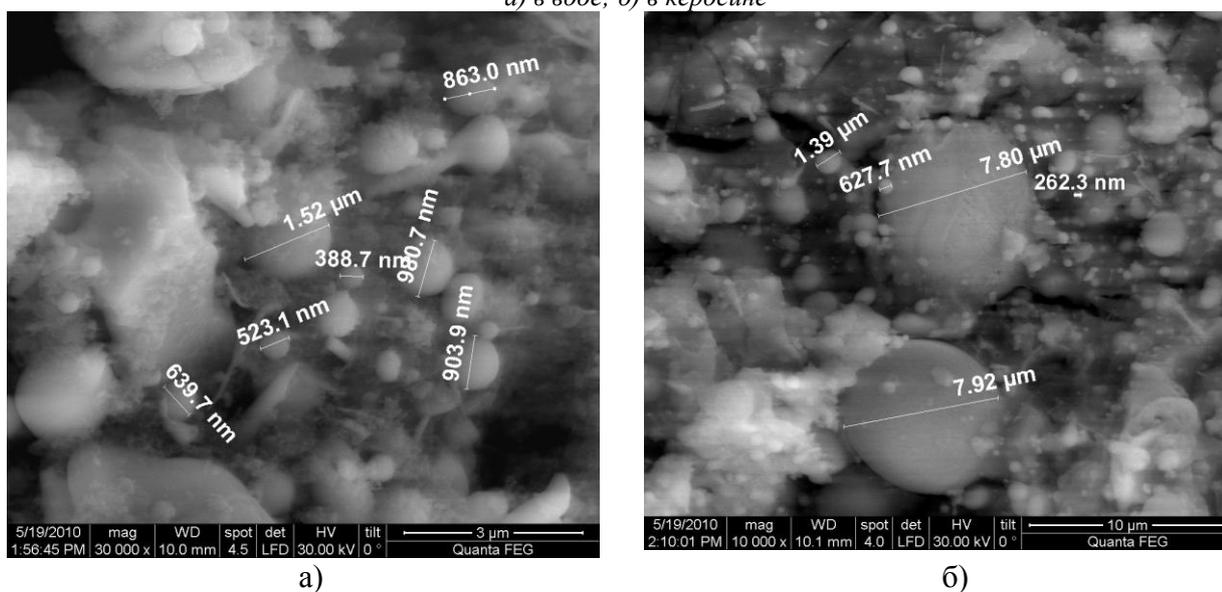
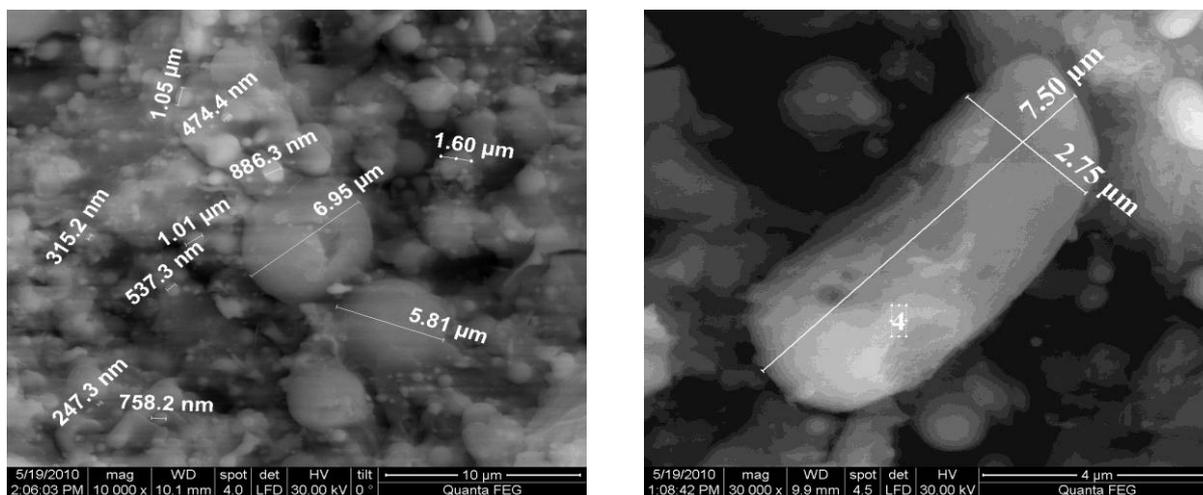


Рисунок 4 – Порошок сплава Т15К6, полученный:  
а) в воде; б) в керосине



а) б)  
Рисунок 5 – Порошок сплава ТТ20К9, полученный:  
а) в воде; б) в керосине

Результаты рентгеноструктурного анализа порошков представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Фазовый состав порошков, полученных ЭЭД ОВТС

Марка исходного сплава	Способ получения	Фаза					
		W	W <sub>2</sub> C	α-WC	β-WC	TiC	TaC
BK8	В керосине	–	–	+	+	–	–
	В воде	+	+	+/-	–	–	–
T15K6	В керосине	–	–	+	–	+	–
	В воде	+	+	+/-	–	+	–
TT20K9	В керосине	–	–	+	–	+	+
	В воде	+	+	+	–	+	+

Значком «+» отмечены основные фазы, рефлексы которых максимальны. Фазовый состав порошков из ОВТС, полученных ЭЭД, определяется природой рабочей жидкости: наличием углерода, диэлектрической проницаемостью и температурой ее кипения. Отмечены небольшие рефлексы (+/-) фазы α-WC при ЭЭД ОВТС в дистиллированной воде. Диспергирование твердого сплава в углеродсодержащей жидкости (керосине) понижает потери углерода по сравнению с диспергированием в воде и способствует образованию фаз α-WC, TiC и TaC. Диспергирование сплавов в дистиллированной воде приводит к потере углерода вплоть до фазы W. Температура кипения рабочей жидкости сказывается на температуре канала разряда. Увеличение температуры кипения вызывает рост энергии пробоя в канале разряда, а, следовательно, и рост температуры. Поэтому при диспергировании в керосине, имеющем большую температуру кипения по сравнению с водой, образуется небольшое количество более высокотемпературной фазы β-WC (2785 °C).

Отличительной особенностью процесса порошкообразования, протекающего при ЭЭД отходов твердых сплавов, является образование быстрозакристаллизованных порошков с очень большим диапазоном скоростей охлаждения (от 10<sup>2</sup> до 10<sup>10</sup> °C/с), что отвечает условиям метастабильной кристаллизации с быстрым охлаждением, поэтому полученные порошки имеют более высокую микротвердость (табл. 3).

Таблица 3 – Микротвердость порошков твердых сплавов, ГПа

Испытуемый материал	ВК8	T15K6	ТТ20К9
Порошок, полученный методом ЭЭД в воде дистиллированной	22,0	32,5	26,0
Порошок, полученный методом ЭЭД в керосине осветительном	19,0	30,0	23,0
Исходный твердый сплав	18,4	26,4	22,8

Экспериментально установлено, что микротвердость порошков, полученных из ОВТС методом ЭЭД, зависит от исходного состава материала диспергирования.

Существенное влияние на микротвердость порошков оказывают изменения структуры поверхностного слоя и связанные с ними пластические деформации. На изменение микротвердости поверхностного слоя, а также толщины наклепа значительное влияние оказывают свойства РЖ, охлаждающей поверхность частиц порошка. Образование тех или иных структур в поверхностном слое, определяющих значение микротвердости, во многом зависит от скорости охлаждения частиц, т.е. от охлаждающей способности РЖ. Также необходимо отметить, что с ростом вязкости РЖ уменьшается скорость отвода тепла от охлаждаемой поверхности, а, следовательно, уменьшается микротвердость последней.

В общем случае, порошки, полученные методом ЭЭД, обладают большей микротвердостью, чем исходные сплавы, что объясняется спецификой процесса порошкообразования при ЭЭД.

В результате проведенной аттестации порошков, полученных электроэрозионным диспергированием ОВТС марок ВК8, Т15К6 и ТТ20К9, были определены их физико-технологические и физико-механические свойства, которые мало отличаются от свойств промышленно выпускаемых порошков, а по некоторым параметрам и превосходят их и, что немало важно – они значительно дешевле промышленных.

Разработанный технологический процесс получения ПМ из ОВТС методом ЭЭД, включающий следующие основные операции:

1. Сбор и сортировка ОВТС по маркам (химическому составу).
2. Очистка отходов (от загрязнений, стружки).
3. Загрузка ОВТС в реактор и подключение электродов.
4. Заливка в реактор рабочей жидкости (воды дистиллированной или керосина осветительного).
5. Выбор режимов диспергирования (напряжения, емкости конденсаторов и частоты следования импульсов).
6. Электроэрозионное диспергирование.
7. Отстаивание и слив рабочей жидкости.
8. Отделение наноразмерной фракции центрифугированием.
9. Химическая очистка порошка (при необходимости).
10. Прокаливание порошка в печи при температуре 150 – 200 °С в течение 20–30 минут.
11. Контроль качества.

В зависимости от метода практического использования полученных порошков данная технология может несколько видоизменяться, например:

– операция «Отделение наноразмерной фракции центрифугированием» может отсутствовать, в случае если размеры частиц получаемого порошка полностью соответствуют необходимым при данном методе применения;

– операции «Отстаивание и слив рабочей жидкости» может отсутствовать при использовании порошков при композиционном нанесении гальванических покрытий на основе железа, т.к. в этом случае в ванну железнения можно вносить не полученный сухой порошок, а суспензию, состоящую из порошка и дистиллированной воды, что значительно упрощает технологию получения порошков, а следовательно и их себестоимость.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технические и технологические решения, направленные на получение износостойких покрытий на деталях автомобилей, с использованием твердого сплава из ПМ, полученного из ОВТС, внедренные в реальный сектор экономики:

1. Разработана и внедрена в ОАО «Краснополянская сельхозтехника» г. Курск технология восстановления коленчатых валов двигателей СМД-18 плазменно-порошковой наплавкой с использованием порошков, полученных ЭЭД ОВТС. При этом на шейки коленчатого вала, изготовленного из стали 40Х, были нанесены плазменные покрытия с добавлением порошков, полученных из ОВТС к промышленной композиции порошков производства Тульского завода «Полема» по ТУ 14-22-26-90: ФМИ 1 (ПРГ4СР); ФМИ 3 (ПРХ11Н11ГЮСР); ПЖН4Д2М. При этом стоимость восстановленного вала в 4–6 раз оказалась ниже стоимости нового при большем ресурсе.

2. В ООО «НВА АГРОСЕРВИС» п. Коренево Курской области внедрена технология восстановления поршневых пальцев двигателей автомобилей железнением с использованием в качестве упрочняющей фазы порошков, полученных ЭЭД ОВТС. Для получения КГП на основе железа приготавливали простой хлористый среднеконцентрированный электролит железнения следующего состава: хлористое железо ( $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ) – 300 г/л, соляная кислота ( $\text{HCl}$ ) – 0,8–1,5 г/л. Затем, в приготовленный электролит вводили небольшими порциями и тщательно перемешивали порошок, полученный из ОВТС методом ЭЭД. Нанесение покрытий осуществлялось при следующих режимах: температура ванны: 70°C; плотность катодного тока: 50 А/дм<sup>2</sup>; концентрация порошка в электролите: 100 г/л. В результате износостойкость восстановленных поршневых пальцев повысилась в среднем в 1,8 раза.

3. В ООО «Сервис-Черноземье» г. Курск внедрена технология восстановления тарелок клапанов двигателей спортивных автомобилей ВАЗ-2113 плазменно-порошковой наплавкой с использованием порошков, полученных ЭЭД ОВТС. В результате твердость и износостойкость плазменных покрытий тарелок клапанов увеличилась в среднем в 1,6 раза. Двигатели с восстановленными клапанами эксплуатируются до настоящего времени, отказов в работе двигателей по их вине не происходило.

В целом, проведенные мероприятия по вторичному использованию износостойких порошков из ОВТС показали их высокую эффективность при восстановлении и упрочнении изношенных деталей автомобилей.

Работа выполнена в рамках реализации Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агеев, Е. В. Особенности технологии получения порошковых наплавочных материалов методом электроэрозионного диспергирования отходов твердых сплавов для наплавки шеек коленчатых валов [Текст] / Е. В. Агеев, М. Е. Сальков // Технология металлов. – 2008. – № 5. – С. 34–37.
2. Агеев, Е. В. Выбор метода получения порошковых материалов из отходов спеченных твердых сплавов [Текст] / Е. В. Агеев, Б. А. Семенихин // Известия Самарского научного центра РАН. – Самара: Изд-во Самарского науч. ц-ра РАН. – 2009. – Спец. вып.: Актуальные проблемы машиностроения. – С. 12–15.
3. Агеев, Е. В. Разработка установки для получения порошков из токопроводящих материалов [Текст] / Е. В. Агеев и [др.] // Известия Самарского научного центра РАН. – Самара: Изд-во Самарского науч. ц-ра РАН. – 2009. – т. 11 (31), № 5 (2). – С. 234–237.

**Агеев Евгений Викторович**

ФГБОУ ВПО «Юго-Западный государственный университет»

Адрес: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, д. 94

Канд. техн. наук, доцент кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов

Тел.: +7(4712)326955

E-mail: ageev\_ev@mail.ru

E. V. AGEEV

## IMPROVING PERFORMANCE REDUCED ON THE BASIS OF CAR PARTS SCIENTIFIC RESOURCE TECHNOLOGIES, MATERIALS AND DEVICES

*We consider a resource-saving technology of wear-resistant properties and powder materials obtained from waste tungsten carbide by electroerosion dispersion. These powders are recommended to use to improve the operational performance of used car parts, working in conditions of abrasive wear. Presents the technical and technological solutions aimed at obtaining wear-resistant coatings for automotive parts using powdered material derived from waste tungsten carbide, embedded in the real economy.*

**Keywords:** car, wear, powder materials, restoration parts.

### BIBLIOGRAPHY

1. Ageev, E. V. Osobennosti tekhnologii polucheniya poroshkovykh naplavochnykh materialov metodom elektroerozionnogo dispergirovaniya otkhodov tverdykh splavov dlya naplavki sheek kolenchatykh valov [Tekst] / E. V. Ageev, M. E. Sal'kov // Tekhnologiya metallov. - 2008. - № 5. - S. 34?37.
2. Ageev, E. V. Vybora metoda polucheniya poroshkovykh materialov iz otkhodov spechennykh tverdykh splavov [Tekst] / E. V. Ageev, B. A. Semenikhin // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. - Samara: Izd-vo Samarskogo nauch. ts-ra RAN. - 2009. - Spets. vyp.: Aktual'nye problemy mashinostroeniya. - S. 12-15.
3. Ageev, E. V. Razrabotka ustanovki dlya polucheniya poroshkov iz tokoprovodyashchikh materialov [Tekst] / E. V. Ageev i [dr.] // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN. - Samara: Izd-vo Samarskogo nauch. ts-ra RAN. - 2009. - t. 11 (31), № 5 (2). - S. 234-237.

#### **Ageev Eugene Victorovich**

FGBOU VPO «Southwestern State University»

Address: 305040, Kursk, street. 50 October on 94

Ph.D., assistant professor of automotive, transport systems and processes

Tel.: +7(4712)326955

E-mail: ageev\_ev@mail.ru

### **Вашему вниманию представляется учебное пособие «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ И КОМПЛЕКСЫ»**

**авторов: д-ра техн. наук, профессора А.Н. Новикова  
и канд. техн. наук А. Л. Севостьянова**

*В пособии приведены основные характеристики автозаправочных станций, рассмотрены вопросы технической эксплуатации автозаправочных станций, их территориального размещения, экологической и пожарной безопасности, а также ремонта технологического оборудования автозаправочных станций.*

*Оригинал-макет данного издания является собственностью ФГОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»,  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65  
[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

Л. А. САВИН, О. А. ПИВОВАРОВ, Е. В. СЛИВИНСКИЙ

## РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ МЕХАНИЗМОВ

*Представлены материалы, по разработке перспективной конструкции газораспределительного механизма дизелей промышленных тепловозов. Исследование базируется на новом решении, предполагающем уменьшение конструкции клапанных устройств. В статье приведены расчётные соотношения и результаты исследуемых характеристик дизелей. Разработка рекомендуется научно-исследовательским и промышленным структурам в области машиностроения, и ремонта с целью ее дальнейшего изучения и возможного внедрения в практику.*

**Ключевые слова:** перспективная конструкция газораспределительного механизма, дизель тепловозов, характеристики дизелей.

Принцип действия ДВС заключается в преобразовании химической энергии топлива, в тепловую, а затем в механическую работу на валу двигателя. Количество смеси, заполняющее рабочий объём цилиндра при давлении и температуре окружающей среды, связано с потенциальным зарядом цилиндра, величину которого можно определить по формуле [1]:

$$M_h = V_h P_o / 848 T_o \text{ молей} \quad (1)$$

В действительности же заряд цилиндра отличается от потенциального вследствие влияния различных факторов, к которым относят потерю давления при протекании газа через впускные отверстия, преобразование кинетической энергии газа в теплоту и нагрев свежей смеси от стенок цилиндра. Поэтому важен действительный заряд  $M_{cm}$ , который характеризуется коэффициентом наполнения  $\eta_v$ , определяемый по известной зависимости:  $\eta_v = M_{cm} / M_h$ .

Коэффициент наполнения является важнейшим параметром при проектировании ДВС, поэтому его расчётное определение является одной из важных задач. В настоящее время процесс наполнения цилиндров всех известных четырёхтактных двигателей осуществляется через впускной клапан, который открывается с некоторым опережением до верхней мёртвой точки (в.м.т.). Если уменьшить опережение открытия впускного клапана, то вблизи в.м.т. проходное сечение его уменьшится, а поэтому сопротивление протеканию газа в цилиндре увеличится. Такое явление приводит к увеличению насосных потерь, уменьшению механического КПД и снижению мощности двигателя. Подобные явления происходят и в выпускном клапане. Так, например, если выпускной клапан закрывается раньше, чем это положено, то проходное сечение в районе в.м.т. будет меньше, при этом выхлопной газ при выпуске не будет успевать выходить из цилиндра. В тоже время при подходе поршня к в.м.т. произойдёт сжатие оставшегося газа, который затем расширяясь, уменьшает количество свежего заряда так как последний начинает поступать только с момента понижения давления в цилиндре до  $p_0$  атмосферного. Анализируя работу клапанов, для соответствующих фаз газораспределения, видно, что для улучшения наполнения цилиндра и очистки его от выхлопных газов следует увеличивать среднее проходное сечение последних. Обычно в практике конструирования ДВС увеличивают диаметры клапанов, насколько это позволяют диаметры цилиндра и скорость клапана при движении его от седла до полного подъёма и обратно насколько это допускают силы инерции, возникающие в механизме газораспределения и прочность элементной базы последнего. В целом же такие технические мероприятия не оказывают существенного влияния на рабочие характеристики ДВС но связаны с увеличением его металлоёмкости, а, следовательно, стоимости в производстве.

Учитывая выше изложенное на кафедре прикладной механики и инженерной графики ЕГУ им. И.А. Бунина и кафедре мехатроники и международный инжиниринг ОрелГТУ в те-

чении 2005 - 2010г согласно договору с Управлением ЮВЖД филиал ОАО "РЖД" и Елецким отделением ЮВЖД филиала ОАО "РЖД" приводится НИР на тему «Разработка рекомендаций по повышению качества эксплуатационной работы, а также надёжности и экономичности использования подвижного состава в грузовом и пассажирском движении на Юго-Восточной дороге», которая включена в план работ СКБ университета и по одному из ее разделов НИРС проводятся работы, связанные с модернизацией силовых установок, используемых в современных тепловозах. По результатам проведенного анализа библиографических и патентных источников университетом получен патент на изобретение RU2268373, связанный с модернизацией газораспределительного механизма четырехтактных и двухтактных ДВС.

Перспективный газораспределительный механизм отличается от известного, например, четырёхтактного дизеля М756 используемого в конструкциях маневровых и промышленных тепловозов тем, что впускной и выпускной клапаны каждого из цилиндров блока в своих головках снабжены наклонными в вертикальной их плоскости каналами, начало которых находится на торцевой части головок, а концы на их рабочих поверхностях, причём начало и концы упомянутых каналов выполнены различного диаметра и большие из них расположены на внешних торцевых частях головок клапанов, а меньшие - на их рабочих поверхностях.

Рассмотрим упрощенные схемы газораспределительного механизма в виде серийного и модернизированного клапанов рисунок 1, представив их головки 1 в виде усеченного конуса, к малой образующей окружности которого присоединен жестко стержень 2. Согласно паспортных данных на двигатель М756 диаметр головки клапана  $d_1 = 6,5 \cdot 10^{-2}$  м, угол образующей конуса головки клапана  $\alpha = 45^\circ$ , внутренний диаметр седла клапана  $d_0 = 5 \cdot 10^{-2}$  м, наружный диаметр седла клапана  $D = 6,5 \cdot 10^{-2}$  м, температура нагрева выпускных клапанов до  $873-1073^\circ\text{C}$ , впускных  $573-673^\circ\text{C}$ , ход поршня  $S = 0,2$  м и ход клапана  $h$ , являющийся функцией от угла поворота кривошипа  $\beta, h = f(\beta)$ . Конструктивно примем, что в головке модернизированного клапана выполнено, пять отверстий диаметром  $d_1 = 10^{-2}$  м. Ранее проведенные исследования [3] позволили дать оценку эффективности использования предложенного технического решения.

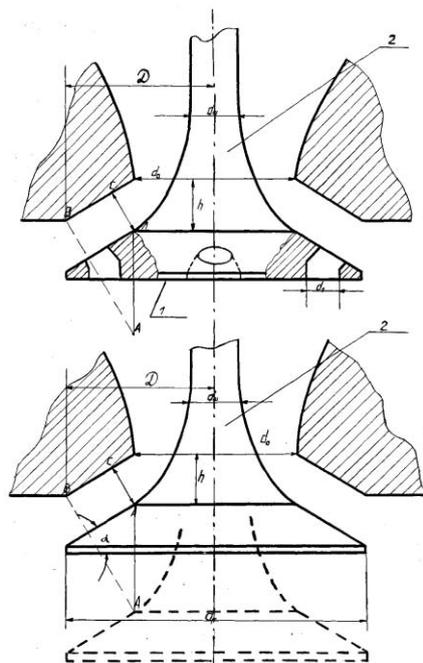


Рисунок 1- Схема серийного и модернизированного клапанов

Так выполненные расчеты применительно к дизелю 14Д40 тепловоза М62 показали, что уже в начальный момент открытия клапана, проходное сечение перспективного клапана выше, чем у серийного в 1,92 раза. В тоже время при прохождении газа в зоне, где диаметр

выхлопного коллектора соответствует диаметру клапана  $d_0 = 7,5 \cdot 10^{-2}$  м, даже при наличии в этой области штока клапана  $d_{ш} = 2,3 \cdot 10^{-2}$  м, проходное сечение увеличивается в 1,39 раза в сравнении, когда использован серийный клапан. Как видно эффективность предложенного технического решения налицо. Следует также отметить, что процесс открытия и закрытия клапанов сопровождается значительными по величине ударными нагрузками на их сёдла, что влечёт к снижению эксплуатационной надёжности газораспределительных механизмов и всего ДВС в целом [1,2]. Однако, конструкция клапана, выполненная по патенту RU2268373 помимо повышения эффективности наполнения цилиндра и очистки его от отработанных газов, а так же снижения тепловой напряжённости клапанов решает и другую важную задачу, связанную со снижением ударных нагрузок при контактировании головок клапанов с их сёдлами. Рассмотрим, например, работу выпускного клапана в процессе демпфирования им указанной ударной нагрузки используя индикаторную диаграмму, показанную на рисунке 2 [4].

Известно [1], что давление отработанных газов  $p_r$  в цилиндре, когда поршень находится в в.м.т., т.е в конце такта выпуска и выпускной клапан начинает закрываться, можно определить по эмпирической формуле:

$$p_r = p_m \left( 1 + \alpha \frac{nS}{T_{ост}} \right), \quad (2)$$

где  $p_m$  – давление в цилиндре в в.м.т составляет 0,104 МПа;

$n$  – частота вращения коленчатого вала,  $1400 \text{ мин}^{-1}$ ;

$S$  – ход поршня, 0,2 м [1];

$T_{ост}$  – температура остаточного газа,  $873-1073^\circ\text{K}$ ;

$\alpha$  – коэффициент равный 0,3-0,5 [1].

Из индикаторной диаграммы четырёхтактного двигателя аналогичного дизелю М756 представленной на рисунке 2 видно, что на её участке 4-5, характеризующего предварение выпуска газов выпускной клапан открывается примерно при 0,882 МПа, причём в дальнейшем на участке 5-6, где происходит выталкивание газов при давлении около 0,294 МПа оказывается ещё открытым и поршень ещё не дошёл до в.м.т. В первом случае примем указанные параметры характерные для полностью закрытого клапана и вычислим значение  $p_r$  по зависимости (2):

$$p_r = p_m \left( 1 + \alpha \frac{nS}{T_{ост}} \right) = 0,104 \left( 1 + 0,3 \frac{1400 \cdot 0,2}{1073} \right) = 0,114 \text{ МПа}$$

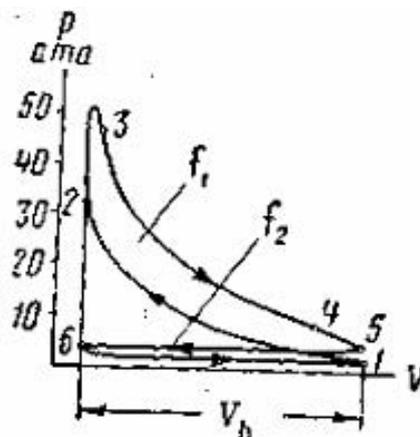


Рисунок 2- Индикаторная диаграмма четырёхтактного ДВС

Теперь предположим, что выпускной клапан полностью ещё не закрылся и между его головкой и седлом по круговой образующей их контактной поверхности имеется круговой зазор  $\delta = 10^{-3}$  м (эта точка на индикаторной диаграмме находится несколько ниже от точки 6 когда происходит процесс продувки цилиндра и впускной клапан уже начал открываться, а

выпускной закрываться) и тогда, учитывая, что отработанные газы продолжают поступать через каналы, выполненные в головке выпускного клапана в круговой зазор  $\delta$  их давление будет соответствовать давлению газов находящихся в цилиндре и выдавливаемых поршнем т.е. равном 0,294 МПа. А так как контактная поверхность головки клапана примыкающая к седлу имеет площадь боковой поверхности усечённого конуса  $S_6 = \pi l(R+r) = 3,14 \cdot 1,2 \cdot 10^{-2} (6,5 \cdot 10^{-2} + 2,5 \cdot 10^{-2}) = 3,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , то усилие приложенное к головке клапана газами находящимися в зазоре со стороны седла составит  $P_{II} = p \cdot S_6 = 0,294 \cdot 10^6 \cdot 3,4 \cdot 10^{-4} = 0,102 \text{ МПа}$ . При этом следует отметить, что при расчёте площади боковой поверхности усечённого конуса  $S_6$  наличие пустот, образованных отверстиями каналов выполненных в головке клапана, не учтено основываясь на предположении, что эти пустоты заполнены газом и поэтому можно считать поверхность  $S_6$  выполненную из сплошного однородного материала. Известно [1], что в приводе механизма закрытия клапана газораспределительного механизма тепловозного дизеля М756 установлены одна в другой две пружин сжатия суммарной жёсткостью  $C = 0,404 \text{ МПа}$ , при этом создаваемая рабочая нагрузка таким комплектом составляет 0,135 МПа. Видно, что усилие, создаваемое противодействием закрытию выпускного клапана меньше ( $0,102 < 0,135$ ) в 1,3 раза, следовательно, ударная нагрузка на седло в какой-то степени будет демпфирована и клапан без значительного по величине удара войдёт в контакт с седлом. Из сказанного понятно, чем меньше будет величина зазора  $\delta$ , тем выше окажется показатель демпфирования ударной нагрузки приложенной от клапана к его седлу.

Представленный пример, конечно же, не может полностью дать качественный анализ предложенного технического решения с отражением сущности термодинамических процессов протекающих в цилиндре четырёхтактного ДВС, однако он позволяет сделать в первом приближении вывод о возможности предложенного устройства снизить ударные нагрузки в зоне контакта клапанов с их седлами в процессе их прикрытия. В дальнейшем данное научное направление планируется продолжить не только с применением соответствующего математического аппарата, но и проведением стендовых испытаний макетного образца.

Результаты исследования переданы руководству Управления Юго-Восточной железной дороги филиал ОАО «РЖД» в виде промежуточного отчёта, а так же рекомендуются отечественным и зарубежным научным и производственным структурам проектирующим, изготавливающим и модернизирующим различные по назначению четырёхтактные ДВС для возможного внедрения перспективного газораспределительного механизма в практику.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глаголев, Н. М. Тепловозные двигатели и газовые турбины [Текст] / Н. М. Глаголев и др. – М.: Трансжелдориздат, 1957. – 460 с.
2. Орлин, А. С. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей [Текст] // Под. ред. А. С. Орлина и М. Т. Круглова. - М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
3. Сливинский, Е. В. К вопросу повышения КПД тепловозного двухтактного дизеля за счёт модернизации его газораспределительного механизма. Системы управления, технические системы: пути и методы исследования [Текст] / Е. В. Сливинский, О. А. Пивоваров // Материалы межвузовской научно-практической конференции. ЕГУ им. И.А. Бунина. Елец. – 2008. – 306 с.
4. Кумсков, В. Т. Основы теплотехники [Текст] / В. Т. Кумсков, М. Г. Маханько. - М.: Всесоюзное издательско-полиграфическое объединение МПС, 1962. – 231 с.
5. Пивоваров, О. А. Функциональные элементы дизельных двигателей тепловозов. Конструкторские решения. Методики расчёта [Текст]: монография / О. А. Пивоваров, Л. А. Савин, Е. В. Сливинский. – Орёл: Изд. Дом «ОРЛИК», 2010. - 124 с.

**Пивоваров Олег Андреевич**

ФГБОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК»

Адрес: 302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29

Аспирант кафедры «Мехатроника и международный инжиниринг»

Тел.: +7(4862)432943

E-mail: ole8lud@rambler.ru

**Савин Леонид Алексеевич**

ФГБОУ ВПО «Государственный университет – УНПК»

Адрес: 302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29

Д-р техн. наук, профессор, академик РИА, заведующий кафедрой «Мехатроника и международный инжиниринг»

Тел.: +7(4862)432943

E-mail: Savin@ostu.ru

**Сливинский Евгений Васильевич**

ФГБОУ ВПО «Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина»

Адрес: 399770 Липецкая обл., г.Елец, ул. Коммунаров, 28

Д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Прикладная механика и инженерная графика»

Тел. +7(47467)63931

E-mail: evgeni\_sl@mail.ru

---

L. A. SAVIN, O. A. PIVOVAROV, E. V. SLIVINSKY

## EXTENSION OF FUNCTIONAL POSSIBILITIES OF DIESEL LOCOMOTIVE ENGINES DUE TO MODERNIZATION OF GAS DISTRIBUTION MECHANISMS

*There are presented materials on the development of the perspective structure of gas distribution mechanism of diesel engines industrial diesel locomotives. The study is based on a new solution, assuming reduction of construction valve devices. The article presents the estimated ratio and the results of the performance of diesel engines. Development of recommended research and industrial structures in the field of mechanical engineering, and repair with the purpose of its further study and possible implementation in practice.*

**Keywords:** gas distribution; diesel engines; construction valve devices.

### BIBLIOGRAPHY

1. Glagolev, N. M. Teplovoznnye dvigateli i gazovye turbiny [Tekst] / N. M. Glagolev i dr. - M.: Transzheldorizdat, 1957. - 460 s.
2. Orlin, A. S. Dvigateli vnutrennego sgoraniya. Ustroystvo i rabota porshnevykh i kombinirovannykh dvigateley [Tekst] // Pod. red. A. S. Orlina i M. T. Kruglova. - M.: Mashinostroenie, 1990. - 288 s.
3. Slivinskiy, E. V. K voprosu povysheniya KPD teplovoznogo dvukhtaktnogo dizelya za schiot moderniza-tsiy ego gazoraspre-delitel'nogo mekhanizma. Sistemy upravleniya, tekhnicheskie sistemy: puti i metody issle-dovaniya [Tekst] / E. V. Slivinskiy, O. A. Pivovarov // Materialy mezhvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konfe-rentsii. EGU im. I.A. Bunina. Elets. - 2008. - 306 s.
4. Kumskov, V.T. Osnovy teplotekhniki [Tekst] / V. T. Kumskov, M. G. Makhan`ko. - M.: Vsesoyuznoe izdatel'sko-poligraficheskoe ob"edinenie MPS, 1962. - 231 s.
5. Pivovarov, O.A. Funktsional'nye elementy dizel'nykh dvigateley teplovoznov. Konstruktorskie resheniya. Metodiki raschiota [Tekst]: monografiya / O. A. Pivovarov, L. A. Savin, E. V. Slivinskiy. - Oriol: Iz. Dom "ORLIK", 2010. - 124 s.

**Brewers Oleg Andreevich**

ФГБОУ ВПО «State University – UNPK»

Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29

Postgraduate of "Mechatronics and international engineering"

Tel.: +7(4862)432943

E-mail: ole8lud@rambler.ru

**Savin Leonid Alexceevich**

ФГБОУ ВПО «State University – UNPK»

Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29

Dr. Sc. , professor, academician of the RIA, the head of "Mechatronics and International Institute zhiniring"

Tel.: +7(4862)432943

E-mail: Savin@ostu.ru

**Slivinskii Yevgeny Vasil'evich**

ФГБОУ ВПО «Yeletsky State University of I. A. Bunin»

Dr. Sc. Sciences, professor, head of "Applied Mechanics and Engineering Graphics"

Tel. +7(47467)63931

E-mail: evgeni\_sl@mail.ru

УДК 621.43.047.3

Ю. В. РОДИОНОВ, Г. И. ШАРОНОВ

## ФОРМИРОВАТЕЛЬ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ КОНДЕНСАТОРНО-ТИРИСТОРНОГО МОДУЛЯ ЗАЖИГАНИЯ

*На основе анализа схемотехнических решений конденсаторно-тиристорных модулей зажигания синтезированы формирователи импульсов с гальванической развязкой первичной и вторичной цепей управления, нечувствительные к импульсным помехам, возникающих в бортовой электросети автомобиля, дребезга контактов механического датчика (прерывателя) или различных параметров электронных датчиков (микропроцессорных систем управления зажиганием ДВС), и формирующие оптимизированный по величине амплитуды и длительности напряжения или тока запускающий импульс для управления тиристорами.*

**Ключевые слова:** модуль зажигания, формирователь импульсов, импульс запуска тиристора.

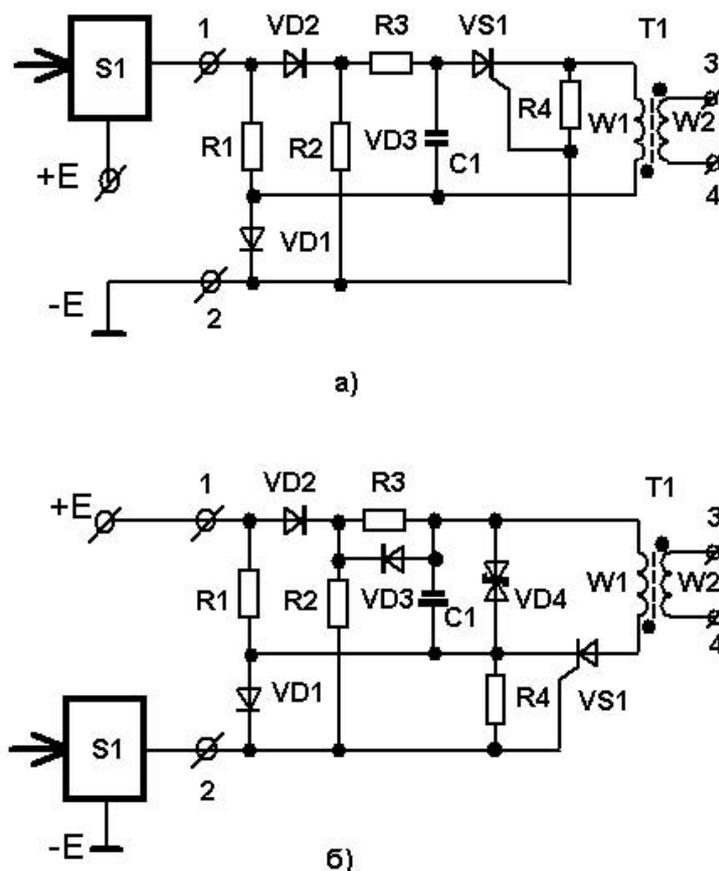
Основным недостатком формирователей импульсов для конденсаторно-тиристорных модулей зажигания [1] является их низкая помехоустойчивость из-за импульсных помех, всегда имеющихся в бортовой электросети автомобиля. Источниками этих помех могут быть индуктивные и коммутационные элементы, электродвигатели, вибрационные приборы, а также регулятор напряжения и генератор. От состояния этих приборов, а также от состояния аккумулятора, электропроводки и контактных соединений зависит амплитуда помех, которая может превышать 100 В. Длительность помех обычно не превышает долей миллисекунды. Импульсные помехи воздействуют на приборы электронных систем зажигания и могут вызывать нарушения их нормальной работы (сбои), например несвоевременное переключение триггеров, тиристоров и т. п., а также отказ элементов.

Известны формирователи импульсов для конденсаторно-тиристорных модулей (КТрМЗ) зажигания, описанные в [2, 3]. Однако указанные формирователи импульсов не имеют гальванической развязки входных и выходных зажимов. Амплитуда и длительность выходных сигналов управления которых зависит от величины и изменения величины напряжения в бортовой электросети автомобиля, что существенно ограничивает использование их при синтезе оптимальных схемотехнических решений КТрМЗ

В формирователях импульсов для КТрМЗ, описанных в [3, 4] исключена гальваническая связь входных и выходных зажимов за счет использования импульсного трансформатора, содержащего как минимум две обмотки: первичную, которая гальванически связана с отрицательным зажимом (общей шиной) бортовой электросети автомобиля, и вторичную, подключенную к управляющим входам электронного ключа (тринистора или симистора).

В формирователях импульсов для КТрМЗ, описанных в [2, 3, 4, 5], не исключается формирование ложных импульсов при дребезге контактов механического датчика (прерывателя), а также существует зависимость токовременных параметров запускающих импульсов от значения напряжения в бортовой электросети автомобиля, величины и длительности протекания тока через первичную обмотку импульсного трансформатора и скорости изменения магнитного потока при размыкании механического датчика (прерывателя) или электронного датчика.

В Автомобильно-дорожном институте ПГУАС разработаны формирователи импульсов для КТрМЗ, лишенные указанных недостатков [6, 7]. Схемотехнические решения 2-х вариантов формирователей импульсов изображены на рисунке 1, а, б.



**Рисунок 1 - Схематехнические решения формирователей импульсов:**

*а) – с электронным и б) – с механическим прерывателями;*

*1, 2 – первый и второй входные зажимы формирователя импульсов; R1, R2, R3, R4 – резисторы; VD1, VD2, VD3 – диоды; VD4 – стабилитрон; C1 – конденсатор; VS1 – электронный ключ (тринистор); W1, W2 – соответственно первичная и вторичная обмотки импульсного трансформатора T1; 3, 4 – выходные зажимы формирователя импульсов; S1 – электронный датчик (микропроцессорной системы управления зажиганием ДВС) или механический датчик (прерыватель); +E – положительный потенциал бортовой электросети автомобиля; -E – отрицательный потенциал (общая шина) бортовой электросети автомобиля; вход синхронизации датчика S1 с углом поворота коленчатого вала или распределительного вала показан стрелкой*

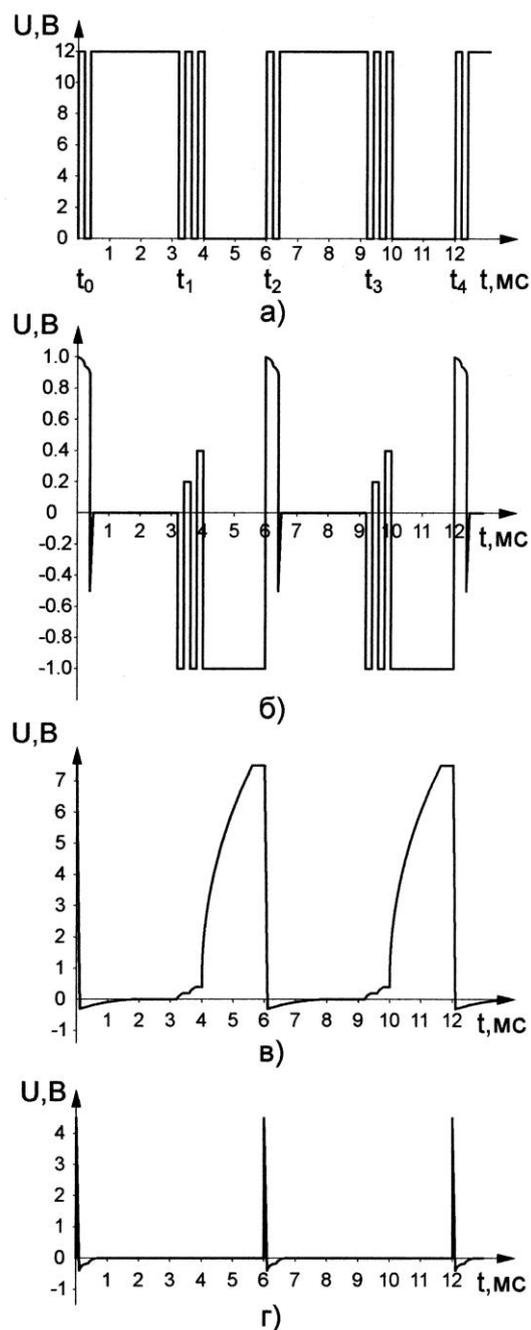
Работу рассмотрим на примере формирователя импульсов, изображенного на рисунке 1,б. В момент времени  $t_0$ ,  $t_2$ ,  $t_4$  (рис. 2,а, б, в, г) контакты механического датчика (прерывателя) S1 размыкаются, и к диоду VD1 прикладывается напряжение конденсатора C1 в обратной полярности и диод VD1 закрывается, а к управляющему электроду электронного ключа VS1 это напряжение прикладывается в прямом направлении и он открывается. Напряжение с конденсатора C1 прикладывается к катоду диоду VD1 относительно его анода по цепи: верхняя обкладка конденсатора C1, резистор R3 и резистор R2, катод диода VD1. Через управляющий электрод тринистора VS1 ток протекает по цепи: верхняя обкладка конденсатора C1 резистор R3 и диод VD3, резистор R2, управляющий электрод тринистора VS1, катод тринистора VS1, нижняя обкладка конденсатора C1. Амплитуда напряжения положительного импульса на катоду диода VD1 и на управляющем электроде тринистора VS1 определяется напряжением срабатывания управляющего электрода тринистора VS1 (рис. 2,б). К первичной обмотке W1 импульсного трансформатора T1 прикладывается напряжение заряженного конденсатора C1 (рис. 2,в). Конденсатор C1 практически мгновенно (100-200 мкс) разряжается на первичную обмотку W1 импульсного трансформатора T1 и на его вторичной обмотке W2 формируется импульс запуска (рис. 2,г) длительностью не менее 50 мкс. Амплитудное значение напряжения и тока запускающего импульса для КТрМЗ зависит от ём-

кости конденсатора С1 и напряжения стабилизации стабилитрона VD4, коэффициента трансформации импульсного трансформатора Т1 и сопротивления нагрузки (цепи запуска электронного ключа КТрМЗ). Дребезг механического датчика (прерывателя) S1 при размыкании контактов не влияет на форму, амплитуду и длительность запускающего импульса, т.к. первый же импульс при размыкании контактов прерывателя запускает тринистор VS1 и в дальнейшем независимо от состояния контактов (дребезга) прерывателя S1 тринистор VS1 остается открытым на все время разряда и перезаряда конденсатора С1 за счет остаточной энергии импульсного трансформатора Т1. Если даже, продолжается дребезг контактов прерывателя после разряда конденсатора С1 и выключения тринистора VS1, то повторного запуска тринистора VS1 не произойдет, т.к. конденсатор С1 разряжен и остаётся разряженным до момента замыкания контактов S1 (момент времени t1 или t3). При замыкании контактов прерывателя S1 (момент времени t1, t3) формируется, из-за дребезга, поэтапный заряд конденсатора С1 (рис. 2,в) до напряжения стабилизации стабилитрона VD4 и осуществляется не менее чем за 2 мс при максимальном значении напряжения источника энергии бортовой сети автомобиля (13,8-14,4 В). Формирователь импульсов не реагирует на дребезг контактов прерывателя S1 при замыкании, т.к. величина напряжения на конденсаторе С1 в течение всей длительности дребезга недостаточно для запуска тринистора VS1 (рис. 2,б, в).

При возникновении импульсных помех в бортовой сети автомобиля при замкнутых контактах прерывателя S1, запуск электронного ключа VS1 не происходит, т.к. к управляющему электроду тринистора VS1 приложено отрицательное (закрывающее) напряжение по величине равное падению напряжения на диоде VD1.

При возникновении импульсных помех в бортовой электросети автомобиля при разомкнутых контактах прерывателя S1, запуск электронного ключа VS1 не происходит, т.к. конденсатор С1 разряжен.

В синтезированных формирователях импульсов достигаются следующие технические результаты: гальваническая развязка первичной и вторичной цепей управления; нечувствительность к импульсным помехам, возникающим в бортовой электросети автомобиля; независимость от токовременных параметров электронного датчика (микропроцессорной системы управления зажиганием ДВС) или дребезга контактов механического датчика (прерывателя); формируется оптимизированный по величине амплитуды и длительности напряже-



**Рисунок 2 - Временные диаграммы работы формирователей импульсов с механическим датчиком (прерывателем), а) - форма напряжения на контактах механического прерывателя, б) - напряжение на катоде диода и управляющем электроде тринистора, в) - напряжение на конденсаторе, г) - импульс запуска для КТрМЗ**

ния и тока запускающий импульс для управления тиристорами (тринисторами или симисторами) конденсаторно-тиристорного модуля зажигания.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Набоков, В. А. Аппараты систем зажигания [Текст] / В. А. Набоков. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 320 с.
2. Брижинева, М. Стабилизация напряжения преобразователя [Текст] / М. Брижинева // Радио. – 1984. – №10. – С. 30–31.
3. ТУ 1-01-0788-86. Блок электронного зажигания "Искра-5"; введ. 11.03.1987.
4. А. с. 1772403 SU, МК15 F 02 P 3/06. Тиристорная система электронного зажигания [Текст] / Г. И. Шаронов, И. М. Володин и др. – № 4715444/21; заявл. 19. 05. 89; опубл. 30. 10. 92 Бюл. № 40.
5. Синельников, А. Х. Электроника в автомобиле [Текст] / А. Х. Синельников. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986. – 96 с. (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1084).
6. Патент Российская Федерация, МПК F02P 3/08. Формирователь импульсов для конденсаторно-тиристорного модуля зажигания. [Текст] / Шаронов Г. И., Трясогузов А. Г., Борисова В. Г. - № 2011131982 / 07 (047166); заявл. 29. 07. 11.
7. Патент Российская Федерация, МПК F02P 3/08. Формирователь импульсов для конденсаторно-тиристорного модуля зажигания. [Текст] / Шаронов Г. И., Трясогузов А. Г., Борисова В. Г. - № 2011131969/07 (047152); заявл. 29. 07. 11.

#### **Родионов Юрий Владимирович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
Д-р техн. наук, профессор, директор автомобильно-дорожного института  
Тел.: +7(8412)498330  
E-mail: dekauto@pguas.ru

#### **Шаронов Геннадий Иванович**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»  
Тел.: +7(8412)489707  
E-mail: turboacs@sura.ru

---

J. V. RODIONOV, G. I. SHARONOV

### **CONDENSER AND THYRISTOR IGNITION MODULE IMPULSE GENERATOR**

*The analysis of circuitry solutions of condenser and thyristor ignition modules has resulted in the creation of impulse generators having a galvanic outcome in primary and secondary steering chains tolerant to impulse interference emerging within the board supplies network and as a result of mechanical gauges contacts failure or various electronic gauge current parameters (microprocessor systems of internal combustion engine ignition guidance), and forming the starting impulse characterized by the optimized pressure and current amplitude and duration to guide the thyristors.*

**Keywords:** ignition module, impulse generator, thyristor starting in.

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Nabokov, V. A. Apparaty sistem zazhiganiya [Tekst] / V. A. Nabokov. - M.: Izdatel'skiy tsentr "Akademiy", 2009. - 320 s.
2. Brizhinev, M. Stabilizatsiya napryazheniya preobrazovatelya [Tekst] / M. Brizhinev // Radio. - 1984. - №10. - S. 30-31.
3. TU 1-01-0788-86. Blok elektronogo zazhiganiya "Iskra-5"; vved. 11.03.1987.
4. A. s. 1772403 SU, MK15 F 02 P 3/06. Tiristornaya sistema elektronogo zazhiganiya [Tekst] / G. I. Sharonov, I. M. Volodin i dr. - № 4715444/21; zayavl. 19. 05. 89; opubl. 30. 10. 92 Byul. № 40.
5. Sinel'nikov, A. H. Elektronika v avtomobile [Tekst] / A. H. Sinel'nikov. - 3-e izd., pererab. i dop. - M.: Radio i svyaz', 1986. - 96 s. (Massovaya radiobiblioteka; Vyp. 1084).
6. Patent Rossiyskaya Federatsiya, MPK F02P 3/08. Formirovatel' impul'sov dlya kondensatorno-tiristor'nogo modulya zazhiganiya. [Tekst] / Sharonov G. I., Tryasoguzov A. G., Borisova V. G. - № 2011131982 / 07 (047166); zayavl. 29. 07. 11.

7. Patent Rossiyskaya Federatsiya, MPK F02P 3/08. Formirovatel' impul'sov dlya kondensatorno-tiristornogo modulya zazhiganiya. [Tekst] / Sharonov G. I., Tryasoguzov A. G., Borisova V. G. - № 2011131969/07 (047152); zayavl. 29. 07. 11.

**Rodionov Yuri Vladimirovich**

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Dr. Sc. , Professor, Director of the Automobile and Road Institute

Tel.: +7(8412)498330

E-mail: dekauto@pguas.ru

**Sharonov Gennady Ivanovich**

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Candidate Technical Sciences, Associate Professor of "Organization and traffic safety"

Tel.: +7(8412)489707

E-mail: turboacs@sura.ru

**Вашему вниманию представляется учебное пособие  
«АВТОМОБИЛЬНЫЕ ЗАПРАВОЧНЫЕ СТАНЦИИ  
И КОМПЛЕКСЫ»**

**авторов: д-ра техн. наук, профессора А.Н. Новикова  
и канд. техн. наук А. Л. Севостьянова**

*В пособии приведены основные характеристики автозаправочных станций, рассмотрены вопросы технической эксплуатации автозаправочных станций, их территориального размещения, экологической и пожарной безопасности, а также ремонта технологического оборудования автозаправочных станций.*

*Оригинал-макет данного издания является собственностью ФГОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»,  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65  
[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

УДК 629.42

Д. А. БОНДАРЕНКО, А. К. СОКОЛОВ, А. Н. ЧВАЛА

## АНАЛИЗ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФРИКЦИОННОЕ СОСТОЯНИЕ КОЛЕС И РЕЛЬСОВ

*Проведен анализ и систематизация возможных методов улучшения коэффициента сцепления колес локомотива с рельсами. Отмечены их достоинства и недостатки.*

**Ключевые слова:** колесо, рельс, механическая составляющая коэффициента сцепления, молекулярная составляющая коэффициента сцепления, способы очистки.

Нестабильность значений коэффициента сцепления колес локомотива с рельсами приводит к повышенному расходу энергии и, как следствие, к уменьшению функциональной эффективности локомотива. На практике применяют два принципиально различающихся метода улучшения тяговых свойств локомотива. Первый – увеличение эффективности использования коэффициента сцепления путем конструктивных усовершенствований экипажа, тягового привода и противобуксовых систем. Второй – путем воздействия на физико-химические свойства контактирующих поверхностей бандажа и рельса. И.В.Крагельский [1], исходя из представлений о дискретной структуре контакта, предложил рассчитывать силы трения  $F$  путем суммирования сопротивлений, возникающих от молекулярного и механического взаимодействия на отдельных площадках контакта:

$$F = \tau_{\text{мол}} \cdot A_{\text{мол}} + \tau_{\text{мех}} \cdot A_{\text{мех}},$$

где  $\tau_{\text{мол}}$ ,  $\tau_{\text{мех}}$  – удельные молекулярные и механические взаимодействия или силы трения;

$A_{\text{мол}}$ ,  $A_{\text{мех}}$  – фактическая площадь молекулярных и механических контактов.

Следовательно, общий коэффициент трения  $f$  складывается из молекулярной и механической составляющих:

$$f = f_{\text{мех}} + f_{\text{мол}}.$$

Необходимые мероприятия по увеличению и стабилизации коэффициента сцепления колес с рельсами можно условно разделить на две группы, принадлежность к которым определяется способом воздействия на молекулярные  $f_{\text{мол}}$  и механические  $f_{\text{мех}}$  составляющие коэффициента сцепления (рис. 1).

Рассмотрим более подробно приведённые способы.

### *Применение песка*

Устойчивое сцепление колёс тягового подвижного состава не всегда реализуется, что требует большого расхода песка, как наиболее эффективного в настоящее время и широко распространенного способа повышения сцепления [2-5]. Благодаря применению песка коэффициент сцепления колёс с рельсами повышался иногда до 70 %. Но использование песка приводит к интенсивному износу колёс и рельсов, загрязняет верхнее строение пути. Возникает «визг» колёс и развивается волнообразный износ рельсов с короткими вертикальными неровностями. Невысокая точность подачи песка в зону фрикционного контакта приводит к попаданию песка на боковую поверхность рельса и, следовательно, к возрастанию интенсивности износа гребней колёс. Подача кварцевого песка в зону контакта продолжает оставаться неэффективной на увлажненных, мокрых и покрытых льдом рельсах.

В работе [6] приводятся результаты опытов, в которых песок намазывался на поверхность бандажа при помощи специальных приготовленных брикетов, состоящих из песка и некоторых связующих материалов. Однако возникли трудности получения на поверхности катания равномерного слоя, низкой надёжностью при высоких скоростях движения.



Рисунок 1 – Классификация способов воздействия на фрикционные свойства поверхностей контакта

*Применение материалов природного происхождения*

В работах [6, 7] отмечается, что при использовании мраморной крошки, углекислого калия, доменного шлака, карборунда и пр. в качестве абразива не было выявлено отличия в применении материалов. Профессор И.П.Исаев, указывал, что величина коэффициента сцепления зависит от твёрдости зерен порошка, однако нет единой точки зрения на процессы трения при наличии в этой зоне твёрдых частиц.

В работе [8] приводятся опыты по подаче в контакт струи незамерзающей суспензии, состоящий из песка, этиленового гликоля, воды и связующего вещества. Положительный эффект проявился на мокрых и замасленных рельсах. Однако данная система подачи абразива оказалась сложной и ненадёжной.

*Применение абразивного магнитного порошка*

Испытание системы [9, 10] которая подает, дозирует, распределяет и удерживает на поверхности катания абразивный магнитный порошок (отходы шлифовального производства, проводилась на натурном стенде, изготовленном в Луганском машиностроительном институте и на испытательном кольце Людиновского тепловозостроительного завода (тепловоз ТГМ – 4А)). Испытания показали эффективность и работоспособность данной системы. Применение абразивного магнитного порошка увеличивает коэффициент сцепления на 20...30%. Однако в эксплуатацию эта система не пошла.

*Подтормаживание движущих колёс*

На практике широкое распространение получило лёгкое подтормаживание колёс локомотива [11, 12]. Происходит очистка бандажей перед затяжными подъёмами. Подтормаживание можно использовать для снижения избыточного вращающего момента с буксующей колесной пары. Но этот метод очистки нельзя считать эффективным, так как происходит дополнительный износ тормозных колодок и бандажей колёсных пар. Следует отметить, что противобоксовочное подтормаживание может осуществляться эффективно только при наличии на локомотивах высокочувствительных систем обнаружения боксования.

#### *Механическая очистка рельсов*

Механическое удаление с поверхности катания загрязнений осуществляется с помощью скребков, щёток, эластичных роликов, расположенных впереди движущегося локомотива [7]. Данный способ не позволяет в должной мере очистить контактирующие поверхности, ограничен диапазон применения (не свыше 15-20 км/ч), малая надёжность в отношении безопасности движения поездов.

Известны примеры очистки рельсов с помощью сильной струи осушенного воздуха [7], воды или пара [12]. Однако этот способ может использоваться только в летнее время. Возможна очистка головок рельс [12] пламенем, предполагалось подогревать рельсы на наиболее тяжёлых участках, где наблюдается ограничение весовой нормы поездов по сцеплению. Но данный способ не выгоден экономически, так как требует огромных энергозатрат.

#### *Химическая очистка рельсов*

Химическая очистка рельсов основана на взаимодействии пленок смазки, жирных кислот с некоторыми химическими растворителями. На ряде железных дорог были проведены испытания различных способов химической очистки рельсов [4, 13, 14]. Опыты, в которых слабыми растворами эфирно-каприловой кислоты обрабатывались рельсы, показали, что коэффициент сцепления повышается до 30%. Проводилась обработка поверхностей рельсов водным раствором полиамидной смолы и раствором щелочи [21]. Для эффективной химической обработки рельсов требуется значительное время; необходимо её повторение после прохода нескольких поездов. Это ограничивает практическое использование данного метода.

#### *Электроискровая очистка рельсов*

Известны опыты по электроискровой обработке поверхностей катания током высокой частоты [7, 15, 16]. При таком способе происходит высокотемпературное воздействие на обрабатываемые поверхности, при этом достигается высокая степень их очистки. Но происходит процесс схватыванию поверхностей с вырыванием металла. Возрастает износ контактирующих тел, что объясняется изменением структуры самих поверхностных слоёв, выражающемся в образовании тонкого слоя мартенсита с включениями перлита и аустенита. Так как такой способ очистки эффективен только на сухих и чистых рельсах, этот метод не вышел за рамки опытов и не нашёл применения в эксплуатации.

#### *Плазменная очистка рельсов*

Большие работы были проведены по увеличению сцепления колёс с рельсами посредством разрушения поверхности плёнок загрязнений с помощью плазмы [17]. Эффективность применения охлаждаемой плазменной аргоно-водородной горелкой [18, 19, 20], соответствовала увеличению коэффициента сцепления примерно на 0,1-0,2. однако этот способ в виду своей сложности не нашёл применения на локомотивах.

#### *Очистка источниками высоких энергий*

В работах [21, 22] предполагается воздействовать на вещества поверхностных загрязнений (особенно замасленных или покрытых льдом рельсов) потоком энергии сверхвысокочастотных электромагнитных колебаний миллиметрового диапазона (СВЧ). Кроме того, предполагается использовать СВЧ-нагрев с другими способами очистки (горячим воздухом, ультрафиолетовым или инфракрасным излучением). К положительным качествам этого метода относятся плавное регулирование теплового потока, высокое быстродействие, сохранение структуры материала колеса и рельсов. Недостатком является необходимость создания облучения только в ближайшем поле излучения.

*Электрический ток в зоне контакта*

В настоящее время проводятся работы по исследованию влияния электрического тока, проходящего через контакт колеса с рельсами, на коэффициент сцепления.

В статье [23] приводятся результаты испытания электровозов ВЛ22М и ВЛ23, которые показали, что при работе двигателей с током 250А коэффициент сцепления был равен 0,25, а при токе 500А-0,49.

*Магнитный поток в зоне контакта*

Введение в зону контакта магнитного поля [24, 25] позволило увеличить коэффициент сцепления на 22%. Однако, физическая природа эффекта магнитного поля в настоящее время не имеет общего объяснения. Так известен магнитоэластический эффект [26], суть которого заключается в ослаблении взаимодействия дислокаций с препятствиями. Данный эффект проявляется в изменении: скорости макроскопического течения в поверхностном слое; ползучести; предела текучести; внутреннего трения. Исследование влияния магнитного поля на трибологические характеристики пар трения колес с рельсами мало изучено и требует дальнейшего исследования.

*Модификаторы поверхности трения*

В ряде стран (США, Канада, Франция) для улучшения параметров фрикционного контакта используются модификаторы трения Centrac VHPF, HPF, LCE [27, 28, 29]. Новое поколение модификаторов трения обычно применяют в форме стержня и наносят на колесо с помощью лубрикаторов, установленных на локомотивах в жидком виде или наносят с помощью ручных аппликаторов на рельсы. Модификаторы типа HPF улучшают условия трения. Тем не менее, каждый модификатор не может удовлетворять широкому набору требований охраны окружающей среды и эксплуатации пути. При применении модификаторов с коэффициентом трения больше 0,2 возникают проблемы, связанные с отрицательным трением, прихватыванием колёс, динамическим торможением [28, 29].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Многие вопросы, касающиеся повышения величины сцепления, остаются до сих пор нерешенными. Это объясняется тем, что при трении колес по рельсам одновременно происходят механические, электрические, вибрационные, тепловые, химические, магнитные процессы. Многопараметрический анализ всех этих явлений практически невозможен и, следовательно, целесообразно ограничиваться небольшим набором факторов, которые могли бы охарактеризовать изучаемую трибологическую систему.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Крагельский, И. В. Основы расчетов на трение и износ [Текст] / И. В. Крагельский, М. Н. Добрынин, В. С. Комбалов. - М., 1977. - 526 с.
2. Каменев, Н. Н. Эффективное использование песка для тяги поездов [Текст] / Н. Н. Каменев // Труды ЦНИИ МПС, 1968. вып. 366.
3. T.C.B. Miller. Adhesion. - Contention on adhesion. Paper. London, 1963.
4. Barwell F.T. Surface contact in theory and practice. - Proc. Inst. Mech. Eng., London, 1961, 175, 853.
5. Andrews H. I. The Adhesion of Electrical Locomotives / Andrews H. I. // The Processing of the Institution of Electrical Engineers. 1955. vol. 102, P/ A, 6/.
6. Garin R.V. Improving Rail Adhesion For Diesel Locomotives / R.V. Garin // Paper American Society of Mechanical Engineers. № 57.A-268.
7. Нувиньон, М. Новое в коэффициенте сцепления электровозов [Текст] / М. Нувиньон, М. Бернар // Бюл. техн.-экон. информ. МПС. 1961. № 7.
8. Astle-Fletchee M.W. Mechanical Methods of Improving Rail Adhesion. Connection on Adhesion 27th and 28th November, 1963, p.12.
9. А.С. №893591 (СССР) Устройство для улучшения сцепления колеса с рельсом [Текст] / А. В. Протасов и др.- Оpubл. В Б.И., 1981, № 48.
10. А.С. №1028544 (СССР) Устройство для улучшения сцепления колеса с рельсом [Текст] / А. В. Протасов и др.- Оpubл. В Б.И., 1983, № 26.
11. Aydelott J.C. Brake Applications Limit Wheel Slip / J.C. Aydelott // Ry Loc.&Car, №3, 1961, vol.155.
12. High-Driver Rail Adhesion ... Without Sand // Ry Loc.&Cars. 1956. vol. 126. №1.

13. Andrews H. I. The Adhesion of Electrical Locomotives / Andrews H. I. // The Proceedings of the Institution of Electrical Engineers. 1955. vol.102, P. A, 6.
14. Косиков, С. И. Фрикционные свойства железнодорожных рельсов [Текст] / С. И. Косиков. М: Наука, 1967.-112 с.
15. Золотых, А. И. Физические основы электроискровой обработки металлов [Текст] / А. И. Золотых.- М., 1953.
16. Лазаренко, Б. Р., Лазаренко Н. И. Электроискровая обработка металлов [Текст] / Б. Р. Лазаренко, Н. И. Лазаренко. М. - Л.: Госэнергоиздат, 1950.
17. Improving steel wheel on steel rail adhesion. Engineering, 1968, №1.
18. Доббс, Д. Плазменная горелка применима при низких скоростях движения [Текст] / Д. Доббс// - Железнодорожный журнал. 1969. №7.
19. Plasma torch kills for Adhesion areas // Mod Railways. 1970. №265, Will plasma improve adhesion // - Railway Locomotives and cars. 1970. №8, p. 144.
20. Исследование применения плазменных горелок для повышения сцепления // БЭИ МСЖД, 1973.
21. А.С. № 732155 (СССР) Способ повышения сцепления колес железнодорожного транспортного средства с рельсами. Лужнов, Ю.М. и др. Оpubл. В Б.И.:1980, №17.
22. А.С. № 943053 (СССР) Способы повышения сцепления колес железнодорожного транспорта с рельсами. Лужнов Ю.М. и др. – Оpubл. В Б.И.:1982, №26.
23. Рудяков, В. З. Повышение провозной способности электровозов [Текст] / В. З. Рудяков // Железнодорожный транспорт, 1962, № 2, 28-31с.
24. Лужнов, Ю.М. Влияние магнитного поля на механизм взаимодействия колес и рельсов [Текст] / Ю. М. Лужнов, А. П. Прунцев. - Труды МИИТ, 1975, вып. 480.
25. Лужнов, Ю.М., Прунцев А.П. Влияние постоянного магнитного поля на трение твердых тел [Текст] / Ю. М. Лужнов, А. П. Прунцев. - Труды МИИТ, 1974, вып. 467.
26. Моргунов, Р. Б. Спиновая микромеханика в физике пластичности / Р. Б. Моргунов //УФН, т.174, № 2,204, с.131-151.
27. Регулирование трения в контакте колесо-рельс // Железные дороги мира. 1998, №3. - с.45-47.
28. Смазывание рельсов на железных дорогах Северной Америки // Железные дороги мира. 1977, №8. - с.65-66.
29. Машкович, О. И. Оптимизация процесса взаимодействия колеса с рельсом за счет трения [Текст] / О. И. Машкович // Железнодорожный транспорт за рубежом. Сер. IV., 1998. Вып. 5,6. - с.4-8.

**Бондаренко Денис Андреевич**

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»  
Адрес: 241035, Россия, г.Брянск, бул.50-летия Октября, 7  
Студент группы 07-ЛК, кафедра "Подвижной состав железных дорог"  
Тел.: +7(9532)748825  
E-mail: dilekter@yandex.ru

**Соколов Алексей Кириллович**

ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»  
Адрес: 241035, Россия, г.Брянск, бул.50-летия Октября, 7  
Студент группы 07-ЛК, "Подвижной состав железных дорог"  
Тел.: +7(9529)610577  
E-mail: sokolovchess90@yandex.ru

**Чвала Андрей Николаевич**

ОАО «Российские железные дороги»  
Адрес: 107174, Москва, Новая Басманная ул., д. 2  
Начальник сектора эксплуатации локомотивов дирекции тяги Московской железной дороги  
Тел.: +7(499)2629901  
E-mail: ticket@rzd.ru

---

D. A. BONDARENKO, A. K. SOKOLOV, A. N. CHVALA

## ANALYSIS AND SYSTEMATIZATION OF METHODS OF INFLUENCE ON CONDITION FRICTIONAL WHEELS AND RAILS

*The analysis and systematization of the possible methods of improving the coefficient of coupling of wheels of the locomotive to the rails. Marked with their advantages and shortcomings.*

**Keywords:** wheel, rail, mechanical component of the coefficient of adhesion, the molecular component of the coefficient of adhesion, cleaning methods.

## BIBLIOGRAPHY

1. Kragel'skiy, I. V. Osnovy raschetov na trenie i iznos [Tekst] / I. V. Kragel'skiy, M. N. Dobrynin, V. S. Kombalov. - M., 1977. - 526 s.
2. Kamenev, N. N. Effektivnoe ispol'zovanie peska dlya tyagi poezdov [Tekst] / N. N. Kamenev // Trudy TSNII MPS, 1968. vyp. 366.
3. T.C.B. Miller. Adhesion. - Contention on adhesion. Paper. London, 1963.
4. Barwell F.T. Surface contact in theory and practice. - Proc. Inst. Mech. Eng., London, 1961, 175, 853.
5. Andrews H. I. The Adhesion of Electrical Locomotives / Andrews H. I. // The Processing of the Institution of Electrical Engineers. 1955. vol. 102, P/ A, 6/.
6. Garin R.V. Improving Rail Adhesion For Diesel Locomotives / R.V. Garin // Paper American Society of Mechanical Engineers. № 57.A-268.
7. Nuvin'on, M. Novoe v koeffitsiente stsepleniya elektrovozov [Tekst] / M. Nuvin'on, M. Bernar // Byul. tekhn.-ekon. inform. MPS. 1961. № 7.
8. Astle-Fletchee M.W. Mechanical Methods of Improving Rail Adhesion. Connection on Adhesion 27th and 28th November, 1963, p.12.
9. A.C. №893591 (SSSR) Ustroystvo dlya uluchsheniya stsepleniya koleasa s rel'som [Tekst] / A. V. Protasov i dr.- Opubl. V B.I., 1981, № 48.
10. A.C. №1028544 (SSSR) Ustroystvo dlya uluchsheniya stsepleniya koleasa s rel'som [Tekst] / A. V. Protasov i dr.- Opubl. V B.I., 1983, № 26.
11. Aydelott J.C. Brake Applications Limit Wheel Slip / J.C. Aydelott // Ry Loc.&Car, №3, 1961, vol.155.
12. High-Driver Rail Adhesion ... Without Sand // Ry Loc.&Cars. 1956. vol. 126. №1.
13. Andrews H. I. The Adhesion of Electrical Locomotives / Andrews H. I. // The Proceedings of the Institution of Electrical Engineers. 1955. vol.102, P. A, 6.
14. Kosikov, S. I. Friksionnye svoystva zheleznodorozhnykh rel'sov [Tekst] / S. I. Kosikov. M: Nau-ka, 1967.-112 s.
15. Zolotykh, A. I. Fizicheskie osnovy elektroiskrovoy obrabotki metallov [Tekst] / A. I. Zolotykh.- M., 1953.
16. Lazarenko, B. R., Lazarenko N. I. Elektroiskrovaya obrabotka metallov [Tekst] / B. R. Lazarenko, N. I. Lazarenko. M. - L.: Gosenergoizdat, 1950.
17. Improving steel wheel on steel rail adhesion. Engineering, 1968, №1.
18. Dobbs, D. Plazmennaya gorelka primenima pri nizkikh skorostyakh dvizheniya [Tekst] / D. Dobbs// - ZHeleznodorozhnyy zhurnal. 1969. №7.
19. Plasma torch kills for Adhesion areas // Mod Railways. 1970. №265, Will plasma improve adhesion // - Railway Locomotives and cars. 1970. №8, p. 144.
20. Issledovanie primeneniya plazmennyykh gorelok dlya povysheniya stsepleniya // BEI MSZHD, 1973.
21. A.S. № 732155 (SSSR) Sposob povysheniya stsepleniya koles zheleznodorozhnogo transportnogo sredstva s rel'sami. Luzhnov, YU.M. i dr. Opubl. V B.I.:1980, №17.
22. A.S. № 943053 (SSSR) Sposoby povysheniya stsepleniya koles zheleznodorozhnogo transporta s rel'sami. Luzhnov YU.M. i dr. - Opubl. V B.I.:1982, №26.
23. Rudyakov, V. Z. Povyshenie provoznoy sposobnosti elektrovozov [Tekst] / V. Z. Rudyakov // ZHeleznodorozhnyy transport, 1962, № 2, 28-31c.
24. Luzhnov, YU.M. Vliyanie magnitnogo polya na mekhanizm vzaimodeystviya koles i rel'sov [Tekst] / YU. M. Luzhnov, A. P. Pruntsev. - Trudy MIIT, 1975, vyp. 480.
25. Luzhnov, YU.M., Pruntsev A.P. Vliyanie postoyannogo magnitnogo polya na trenie tverdykh tel [Tekst] / YU. M. Luzhnov, A. P. Pruntsev. - Trudy MIIT, 1974, vyp. 467.
26. Morgunov, R. B. Spinovaya mikromekhanika v fizike plastichnosti / R. B. Morgunov // UFN, t.174, № 2,204, c.131-151.
27. Regulirovanie treniya v kontakte koleso-rel's // ZHeleznye dorogi mira. 1998, №3. - s.45-47.
28. Smazyvanie rel'sov na zheleznykh dorogakh Severnoy Ameriki // ZHeleznye dorogi mira. 1977, №8. - s.65-66.
29. Mashkovich, O. I. Optimizatsiya protsessa vzaimodeystviya koleasa s rel'som za schet treniya [Tekst] / O. I. Mashkovich // ZHeleznodorozhnyy transport za rubezhom. Sar. IV., 1998. Vyp. 5,6. - s.4-8.

### **Bondarenko Denis Andreevich**

FGBOU VPO "Bryasky State Technical University"

Address: 241035, Russia, Bryansk, bul.50 anniversary of the October 7

The student group 07-LC, Department of "Rolling stock of railways"

Tel.: +7(9532)748825

E-mail: dilekter@yandex.ru

**Sokolov Alexey Kirillovich**

FGBOU VPO "Bryasky State Technical University"

Address: 241035, Russia, Bryansk, bul.50 anniversary of the October 7

The student group 07-LC, "The rolling stock of railways"

Tel.: +7(9529)610577

E-mail: sokolovchess90@yandex.ru

**Chvala Andrey Nikolaevich**

JSC "Russian Railways"

Address: 107174, Moscow, New Basmannaya Street., 2

Head of the Directorate-sector operation of locomotives traction Moscow railway

Tel.: +7(499)2629901

E-mail: ticket@rzd.ru

***Продолжается подписка на журнал  
«Мир транспорта и  
технологических машин»***

*Подписной индекс журнала:*

*16376 («Пресса России»)*

*Подписка через редакцию:*

*(с любого месяца)*

*Информация о подписке на нашем сайте*

*[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

*Тел. +7 (4862) 43-48-90*

УДК 629.4.014.22: 621.791.92

А. П. БУЙНОСОВ, И. М. ПЫШНЫЙ

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ПРОФИЛЯ БАНДАЖЕЙ КОЛЕСНЫХ ПАР ПРОМЫШЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОВЗОВ С ПОМОЩЬЮ НАПЛАВКИ

*В статье приведены результаты выполненных исследований по выбору технологии восстановления конфигурации профиля бандажей промышленных электровозов с помощью наплавки без выкатки колесных пар. Приведена разработанная установка для наплавки гребней, показана эффективность наплавки гребней бандажей проволокой 30ХГСА под флюсом АНК-18. Наплавка изношенных гребней в 3,5 раза снижает темпы обточки для восстановления конфигурации поверхности катания бандажей электровозов и увеличивает срок службы колесных пар на 50–60 %.*

**Ключевые слова:** электровоз, колесная пара, бандаж, профиль, наплавка.

Наиболее эффективным методом повышения долговечности бандажей, у которых износ гребня значительно опережает рост проката, является наплавка изношенных гребней колесных пар электровозов. Такой метод по сравнению с восстановлением обточкой и формированием конфигурации профиля за счет уменьшения толщины бандажа имеет бесспорные преимущества: наплавка гребня в сочетании с формой охватывающего профиля сводит к минимуму технологический износ бандажа до списания преимущественно определяется его естественным износом; ликвидируется простой локомотивов, вызванный необходимостью промежуточных обточек (для электровоза 8–12 часов); снижаются расходы на содержание станков для обточки без выкатки и приобретение режущего твердосплавного инструмента; достигается экономия заработной платы [1].

Сегодня трудно представить хотя бы одну отрасль промышленности или вид транспорта, в которых не используются сварочные технологии. На предприятиях железнодорожного транспорта необщего пользования применяются более сорока способов сварки, наплавки и напыления. Великая роль сварочных технологий в решении научных и практических задач ресурсосбережения бандажей колесных пар, снижения эксплуатационных расходов и повышения безопасности движения поездов.

Лунинские методы в 40-х годах прошлого века в локомотивном депо Чусовская Свердловской железной дороги породили и новые заботы. Из-за увеличения пробега в депо значительно возрос прокат бандажей и проявился подрез гребней бандажей колесных пар паровозов им электровозов ВЛ22. По этой причине за воротами депо скопилось большое количество локомотивов, требовавших обточки бандажей, а, следовательно, и выкатки колесных пар. Решение было найдено инженерно-техническими работниками депо Чусовская, которые изготовили установку для обточки бандажей без выкатки колес из-под локомотива и впервые применили наплавку изношенных гребней бандажей электровозов ВЛ22. Перевозки не были сорваны [2]. Ввиду того, что электровозы ВЛ22 использовались на горных участках Чусовская – Кизел и Чусовская – Гороблагодатская, приходилось регулярно наплавлять гребни первой и шестой колесных пар.

В 50–60-е годы прошлого века ввиду резкого увеличения износа гребней колес была разработана и быстро нашла широкое внедрение технология их восстановления двухдуговой наплавкой под флюсом используя при этом автоматы ДАН-3 и А-482. Однако из-за ряда крупных аварий, произошедших за короткий период времени по причине разрушения наплавленных колес, их восстановление наплавкой было запрещено по всей сети железных дорог [3].

В настоящее время большое внимание на железнодорожном транспорте общего и не-общего пользования уделяется разработке и реализации технологий восстановления поврежденных поверхностей наплавкой и напылением.

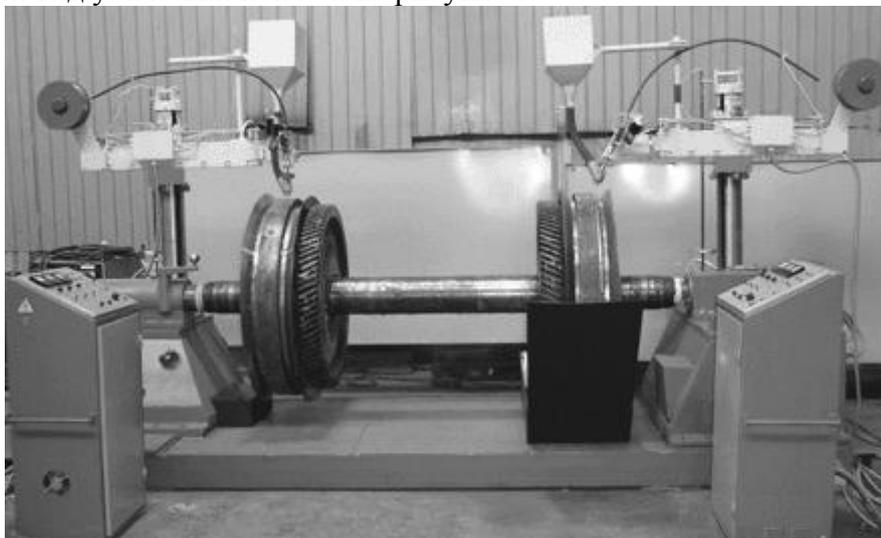
Ремонт сваркой, наплавкой и напылением технических средств железнодорожного транспорта отвечает общей тенденции освоения и внедрения в практику ресурсосберегающих технологий.

В настоящее время ряд организаций, в том числе и отделение сварки ВНИИЖТ, выполняют исследования по разработке технологий и оборудования для двухдуговой наплавки гребней бандажей колесных пар в составе тележки с выкаткой колесных пар из-под локомотива. За период с 1992 г. по настоящее время на сети дорог введено в эксплуатацию 10 участков по восстановлению гребней бандажей, на которых наплавлено более 1600 локомотивных колесных пар.

При этом для наплавки гребней применяется сварочная проволока марки Св-08ХГ2СМФ по ТУ 130-284-97 диаметром 3 мм и флюсы марок АН-348, АН-348АМ и АНЦ-1.

Комплект оборудования участка для наплавки гребней включает: вращатель колесной пары с пультами управления; два манипулятора с механизмами подачи сварочной проволоки; два сварочных выпрямителя; флюсоудерживающие и флюсоуборочные приспособления и устройства; установка индукционного нагрева двух ободьев колес перед наплавкой; два комплекта термостатов для замедленного остывания колес после наплавки и установка для очистки и намотки сварочной проволоки.

Внешний вид установки показан на рисунке 1.



*Рисунок 1 – Установка для автоматической наплавки под слоем флюса гребней бандажей после выкатки колесной пары из-под электровоза*

Наплавка гребней бандажей электровозов без выкатки из-под электровоза производилась еще более 50 лет назад. Инструкция по освидетельствованию, ремонту и формированию колесных пар локомотивов и электросекций 1954 г. позволяет наплавливать следующие элементы бандажей: изношенные гребни, выбоины (ползуны), местный прокат. После выполнения наплавочных работ колесных пар паровозов без выкатки их из-под локомотива, следовала обработка с помощью специального устройства с точильными кругами для придания концентричности [4].

В настоящее время в соответствии действующей инструкцией по сварочным и наплавочным работам ЦТ-336 от 11.08.1995 г. [5] при ремонте тепловозов, электровозов, электропоездов и дизель поездов разрешается наплавливать при текущем ремонте гребни бандажей и цельнокатаных колес, кроме гребней колесных пар пассажирских локомотивов и моторвагонного подвижного состава. Работы разрешается производить в депо, перечень которых на дороге устанавливает начальник региональной дирекции по ремонту тягового подвижного

состава. Согласно п. 2.10.8.8. инструкции [5] наплавку гребней бандажей необходимо производить автоматической наплавкой с использованием специальных двухдуговых автоматов типа А-1829 (модернизированный автомат типа А-482) с выкаткой колесных пар из-под локомотива и последующей обработкой наплавленного металла на обточном станке.

К сожалению, в инструкции по ремонту и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм (ЦТ-329 1995 г.) и последующих дополнениях, отсутствуют такие рекомендации. Также в инструкции [6] неоправданно указывается о проведении наплавки колесных пар с выкаткой из-под электровоза.

Наплавка гребней бандажей промышленных электровозов требует специальной технологии, обеспечивающей наряду с износостойкостью – гарантию отсутствия сварочных дефектов под воздействием неизбежных на железнодорожном транспорте общего пользования технологических отклонений. Кроме того, выполнение требований такого рода осложнено тем, что бандажная сталь относится к трудносвариваемым из-за высокого содержания углерода и склонности при сварке к образованию горячих и холодных трещин.

В настоящее время для восстановления гребней бандажей электровозов на предприятиях ОАО «РЖД» применяют двухдуговую наплавку под слоем флюса с предварительным нагревом бандажа до 250 °С и последующим охлаждением в течении 6 часов. После наплавки и охлаждения производят механическую обработку и ультразвуковой контроль бандажа колесной пары. При этом время нахождения одной колесной пары после выкатки из-под электровоза в процессе наплавки составляет не менее 8 часов.

Из-за перечисленных выше недостатков разработанная ВНИИЖТом установка и сама технология не нашла применения на железнодорожном транспорте необщего пользования.

Встала задача разработать установку и менее энергоемкую технологию, не требующую предварительного подогрева бандажей колесных пар с возможностью использования на промышленном железнодорожном транспорте.

Такая установка для одновременной наплавки двух гребней бандажей без выкатки колесной пары из-под электровоза ПЭ2<sup>М</sup> была разработана в железнодорожном цехе ОАО «Ураласбест», схема установки с обозначением всех деталей показана на рисунке 2, а внешний вид установки – на рисунке 3.

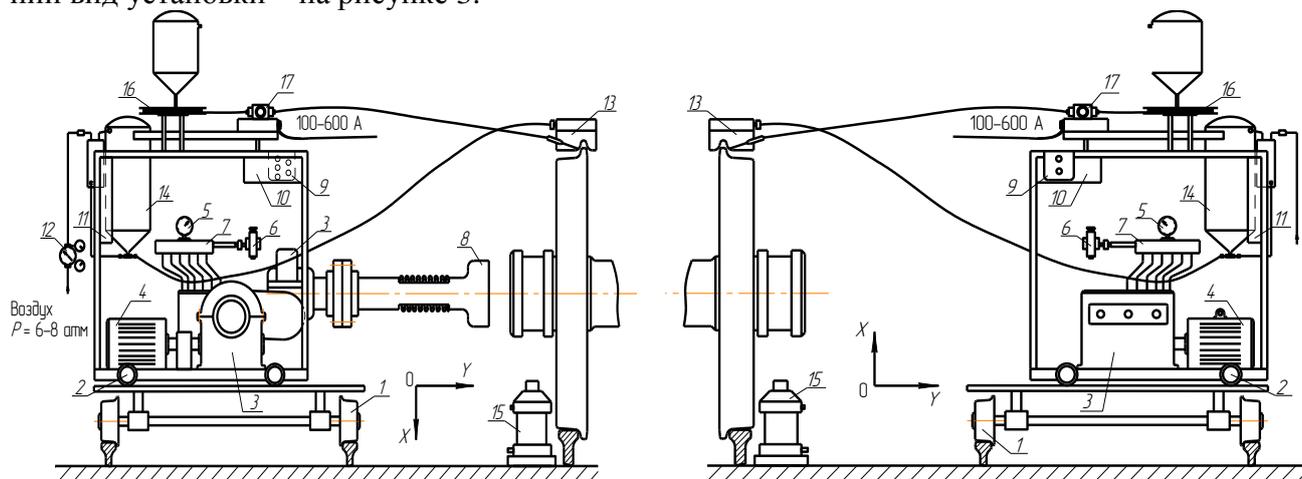


Рисунок 2 – Схема установки для наплавки гребней бандажей без выкатки колесных пар из-под электровоза ПЭ2<sup>М</sup>

- 1 – перемещение тележки установки относительно оси OX; 2 – перемещение установки по платформе относительно оси OY; 3 – редуктор червячный спаренный; 4 – электродвигатель вращения колесной пары; 5 – манометр контроля давления масла; 6 – регулятор давления масла; 7 – золотники управления домкратами; 8 – муфта привода колесных пар; 9 – пульт управления электродвигателя вращения колесных пар и насоса; 10 – маслбак; 11 – распределительный электрощит; 12 – редуктор регулирования давления сжатого воздуха; 13 – ванночка горения проволоки под флюсом; 14 – бункер для флюса; 15 – гидравлический домкрат; 16 – барабан с бухтой проволоки; 17 – механизм подачи электродной проволоки.



*Рисунок 3 – Вид установки для наплавки гребней бандажей без выкатки колесных пар из-под электровоза*

Перед началом работы заправляются флюсом бункеры 14 установки и производится ввод электровоза в депо, закрепляя его тормозными башмаками.

Перекатывая тележки 1 установки относительно оси  $OX$ , добиваются их установки 2 напротив наплавляемой колесной пары, таким образом, чтобы ось колесной пары совпала с осью муфты привода колесных пар 8. С буксы колесной пары снимается крышка. С помощью пульта управления и гидравлических домкратов 15, установленных под буксой, вывешивают наплавляемую колесную пару.

Перемещая тележку станка относительно оси  $OY$ , соединяют муфту вращения электродвигателя 4 со стопорной гайкой буксового подшипника.

Смонтированные на передвижных рамах электродвигатели вращения колесной пары 4 и приводы масляных насосов, обеспечивают подъем от рельса на высоту 10–20 мм наплавляемой колесной пары и ее плавное вращение с заданной для сварочных полуавтоматов скоростью. В качестве электрода можно использовать сварочную проволоку диаметром от 1 до 6 мм. Подачу проволоки (100–300 м/час) можно регулировать с помощью специального устройства 17. Флюс к месту наплавки подается по шлангу сжатым воздухом давлением 0,5–1,0 атм., которое регулируется редуктором 12, установленным перед входом в маслобак 10.

После изготовления установки в железнодорожном цехе ОАО «Ураласбест» для наплавки бандажей были проверены различные способы наплавки с разным сварочным током, скорости подачи проволоки, скорости наплавки при использовании различных марок проволоки и флюса.

На первом этапе использовалась сварочная проволока и флюс согласно инструкции [5], то есть проволока типа Св-08 и флюс АН-348.

Наплавочные работы на бандажах проводились в помещении с температурой не ниже +5 °С без сквозняков и резких температурных перепадов согласно технологической инструкции И32-ВНИИЖТ-0501/2-90.

Однако, после наплавки гребней бандажей всех колесных пар электровоза ПЭ2<sup>М</sup> № 19 выполненных наблюдений в эксплуатации и металлографических исследований с помощью оптического микроскопа, были обнаружены усталостные трещины (рис. 4), а один гребень имел откол (рис. 5).



Рисунок 4 – Усталостные трещины на рабочей поверхности гребня бандажа



Рисунок 5 – Откол гребня бандажа колесной пары электровоза ПЭ2<sup>М</sup> № 19

Кроме того на одном бандаже обнаружено включение шлака в наплавленную поверхность гребня, что явилось следствием наличия грязевой пленки на гребне, малого сварочного тока и большой скорости наплавки.

Использование рекомендуемой [5] марки проволоки послужило толчком к созданию неметаллических включений на рабочей поверхности гребня, которые являясь концентраторами напряжений, привели к развитию усталостных трещин (рис. 4).

Были выявлены основные недостатки наплавки, которые заключались в интенсивном выделении тепла и приводящие к росту зерен основного металла и в дальнейшем к его разупрочнению. Так же происходило выгорание легирующих элементов, особенно легколетучих (углерода, бора), невозможности обеспечения стабильных характеристик наплавленного металла как по фрикционным свойствам, так и по однородности структуры и качества (шлаковые и газовые включения) при наплавке в один проход и резком охлаждении.

Электрическая дуга горит под слоем гранулированного флюса в газовом пузыре, избыточное давление в котором надежно предохраняет металл от отрицательных воздействий воздуха (давление в газовом пузыре чуть выше атмосферного, за счет этого образуется свод расплавленного флюса и воздух не попадает к сварочной ванне). Кроме того, флюсовая оболочка не дает разбрызгиваться металлу электрода и позволяет лучше использовать тепло.

По способу приготовления флюсы делятся на плавленные и неплавленные или керамические. Плавленные флюсы получают сплавлением силикатов в печах и размельчением, они имеют стеклообразный вид. Эти флюсы сами не участвуют в формировании химического состава расплавленного металла, а только предохраняют его от воздуха. Неплавленные флюсы (АНК-18, АНК-40 и др.) это (аналогично обмазке электрода) механическая смесь легирующих, газо- и шлакообразующих, связывающих и раскисляющих компонентов. Было установлено, что эти флюсы дают высокое качество наплавки.

После 2-х летних экспериментов в железнодорожном цехе ОАО «Ураласбест» наплавки бандажей без выкатки колесных пар из-под электровоза ПЭ2<sup>М</sup> была выбрана проволока 30ХГСА и флюс АНК-18.

Исследование напряжений второго рода позволило сделать следующие выводы: при наплавке гребней колесных пар проволокой 30ХГСА изменение относительных микродеформаций носит плавный характер, присущий как зоне наплавки, так и другим характерным зонам металла бандажа, а при наплавке проволоками СВ-08, СВ-10 и др. в зоне сплавления наблюдается высокий градиент изменения относительных микродеформаций, что говорит о наличии дефектов кристаллической структуры металла бандажа. Следовательно, наиболее благоприятными свойствами, с точки зрения сопротивления развитию трещин, обладает наплавленное покрытие из проволоки 30ХГСА.

Применение керамического легирующего флюса АНК-18 в сочетании с проволокой 30ХГСА (ГОСТ 10543-98) явилось практически приемлемым и экономически оправданным для восстановления конфигурации рабочей поверхности гребня бандажей колесных пар электровозов ПЭ2<sup>М</sup>.

Наплавку гребней бандажей необходимо производить по подслою, наплавленному под керамическим легирующим флюсом АНК-18. В этом случае обеспечивается благоприятное изменение микротвердости на границе сплавления основной металл бандажа – первый слой наплавки.

Выбор рационального способа и технологических приемов наплавки гребней определялась необходимостью получения бандажа с требуемыми размерами и наплавленного слоя с требуемыми свойствами.

На рисунке 6 приведен фотоснимок макроструктуры наплавленного гребня при использовании проволоки 30ХГСА и флюса АНК-18.

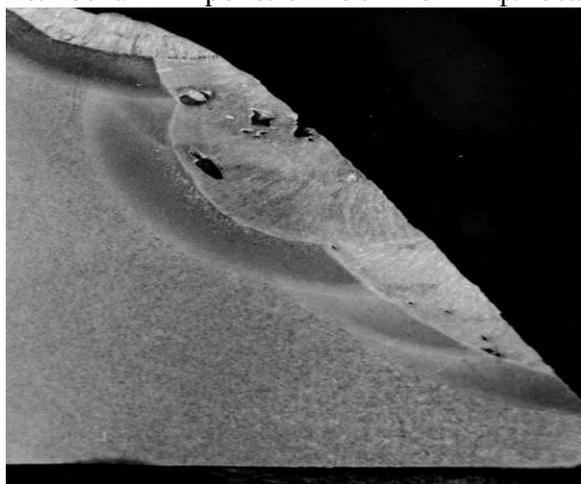


Рисунок 6 – Макроструктура наплавленного гребня



Рисунок 7 – Микроструктура металла, наплавленного проволокой 30ХГСА (просто-мартенсит)

Во всех случаях после наплавки гребней бандажей выявлена мартенситная структура в зоне термического влияния.

Режим наплавки под флюсом АНК-18 в зависимости от диаметра проволоки 30ХГСА, при котором достигается необходимая твердость, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Режим наплавки под флюсом АНК-18 в зависимости от диаметра проволоки, при котором достигается необходимая твердость

Режим	Диаметр проволоки 30ХГСА, мм					
	2			3		
Ток, А	200	300	400	300	450	550
Напряжение дуги, В	22–28	28–34	35–42	24–30	32–38	37–43

В таблице 2 приведен химический состав, структура и твердость наплавленной рабочей части гребня бандажа колесной пары электровоза ПЭ2<sup>М</sup>.

Таблица 2 – Химический состав, структура и твердость металла, наплавленного гребня

Материалы для наплавки	Содержание в наплавленном металле, %					Структура металла	Твердость, НВ
	C	Si	Mn	Cr	Ni		
Проволока 30ХГСА, флюс АНК-18	0,25–0,35	0,8–1,2	1,4–1,7	0,7	0,3	Перлит + избыточный феррит	220–300

При разработанной технологии наплавки обеспечивается максимальная производительность и экономичность процесса. Средняя толщина наплавленного слоя составляет 5,5 мм, включая припуск на последующую черновую механическую обработку инструментом из мелкозернистых твердых сплавов ВК3М и ВК6М. Обязательным условием для черновой обработки является применение резцов с отрицательными передними углами, обеспечивающими повышенную прочность рабочей части резца или шлифовальным кругом ЭБ25СМ2К5. Для чистовой обработки наплавленных гребней бандажей в ОАО «Ураласбест» рекомендовано использовать инструмент из эльбора-Р и гексанита-Р или инструмент из материалов безвольфрамовых, в том числе из сверхтвердых материалов на основе синтетических алмазов и композитов на основе нитрида бора.

При механической обработке наплавки в процессе резания происходит наклеп и самоупрочнение металла. Поэтому обработка должна производиться за один проход. Подрезы шва, впадины между соседними валиками, кратеры и другие дефекты исправляются расчисткой и подваркой проволокой 30ХГСА. После механической обработки наплавленный металл на гребне бандаже при необходимости можно подвергнуть наклепу пневматическим молотком или на дробеструйной установке.

При появлении во время наплавки дефектов, расположенных на значительной длине, гребень необходимо обточить на станке до их полного удаления и бандаж вновь наплавить. Наплавку гребней бандажей колесных пар, выполненную непосредственно под электровозом регистрируют в специальной книге с указанием фамилии сварщика, выполнившего наплавку.

После механической обработки наплавленного гребня в железнодорожном цехе ОАО «Ураласбест» бандаж тщательно осматривают и проверяют магнитным и ультразвуковым дефектоскопами. Выбоины (ползуны) на поверхности катания бандажа устраняют обточкой или электронаплавкой с последующей механической обработкой.

После внедрения разработанной технологии не требующей предварительного подогрева бандажей колесных пар и эксплуатационных испытаний было установлено: независимость качества наплавки от числа наплавленных слоев и отсутствие трещин как в основном, так и в наплавленном металле; наличие в наплавленном металле сравнительно небольшого количества мелких пор.

Потенциал наплавки гребней бандажей электровозов далеко не исчерпан. В железнодорожных цехах на любом промышленном предприятии его можно развивать и искать другие оптимальные пути. При правильном выборе практически сразу обеспечивается отдача, а именно сокращения:

- расходов на приобретение новых бандажей в результате увеличения количества восстанавливаемых;
- простоя и повышение производительности электровоза в результате увеличения срока службы бандажей колесных пар;
- затрат на ремонт в результате увеличения межремонтного периода работы электровозов.

Учитывая, что металл гребня бандажа в процессе взаимодействия колеса с рельсом наклепывается, следует ожидать увеличения твердости поверхностных слоев и, соответственно, повышения износостойкости наплавленных гребней. Это подтверждается предварительными результатами сравнительных ходовых испытаний колесных пар электровозов ПЭ2<sup>М</sup>, наплавленных проволокой 30ХГСА. После пробега более 1,5 месяцев наработки износ наплавленного гребня оказался меньше, чем у обычного.

Результаты эксплуатационных испытаний бандажей колесных пар электровозов ПЭ2<sup>М</sup> с гребнями, наплавленными проволокой 30ХГСА, показывают, что этот метод восстановления полностью отвечает требованиям, предъявляемым к технологическому процессу восстановления гребней для наиболее тяжелых условий работы экипажной части. Метод может быть с успехом применен для всех локомотивов промышленного железнодорожного транспорта, работающих на участках со сложным планом пути.

В настоящее время на текущих ремонтах в объеме ТР-1 и ТР-2 введен ультразвуковой контроль бандажей без выкатки колесных пар новыми моделями дефектоскопов, что исключает возможность выхода из строя колесных пар по причине внутренних дефектов материала бандажа. Ввиду этого следует ввести наплавку гребней бандажей колесных пар без выкатки из-под электровоза, практически решающую проблему увеличения ресурса бандажей до пробегов, планируемых Министерством транспорта Российской Федерации. В качестве одного из подтверждений возможности использования наплавки в эксплуатации можно привести пример наплавки головок рельсов. Эта процедура производится без их демонтажа в условиях эксплуатации, так же содержание углерода и других элементов в химическом составе рельсов и бандажей колесных пар имеют идентичный порядок.

Наплавка изношенных гребней в 3,5 раза снижает темпы обточки для восстановления конфигурации поверхности катания бандажей электровозов и увеличивает срок службы колесных пар на 50–60 %. Годовой экономический эффект составляет свыше 250 тыс. руб. В течение одного года можно окупить затраты на монтаж и эксплуатацию разработанной установки и получить эффект за счет снижения затрат связанных со сменой бандажей колесных пар и сокращения простоя электровоза в ремонте.

В настоящее время ОАО «Ураласбест» это пока единственное промышленное предприятие, которое наплавляет гребни бандажей электровозов без выкатки колесных пар.

Последующие исследования показали, что присутствие хрома в проволоке 30ХГСА нежелательно, так как усложняется механическая обработка и снижается износостойкость наплавленного слоя.

Поэтому перспективна разработка порошковой проволоки специально для восстановления гребней бандажей, которая содержала бы в своем составе 12–14 % марганца с недефицитной микролегирующей добавкой, улучшающей свойства наплавленного металла, например ванадием.

Наиболее доступной для промышленного применения является специальная порошковая проволока ПП-АН105 или ППЖН-35.

Проволока ПП-АН105 находит ограниченное применение из-за недостаточной ее известности, хотя применение ее наиболее рационально для указанной цели. Проволока ППЖН-35, широко применяемая для восстановления валков прокатных станов, содержит негативно влияющий на процесс обработки хром, поэтому в перспективе следует работать над созданием порошковой высокомарганцевистой проволоки специально для восстановления изношенных гребней бандажей колесных пар не только локомотивов, но также гребней и поверхности катаний цельнокатаных колес подвижного состава промышленного транспорта.

Технология наплавки порошковыми марганцевистыми проволоками имеет свои особенности. Проволока ПП-АН105 – самозащитная, а проволоку ППЖН-35 наплавляют под слоем маломарганцевистого флюса. Чтобы избежать охрупчивания наплавленного слоя и околошовной зоны при повторных наплавках на ранее наплавленную марганцевистую сталь, процесс следует вести с наименьшим тепловложением: малая сила тока, низкое напряжение дуги, узкие валики, повышенная скорость наплавки. Из-за необходимости интенсивного теплоотвода наплавку ведут без предварительного подогрева бандажа. Однако при этом бандаж должен иметь начальную температуру не ниже 18–20 °С.

Если скорость охлаждения окажется недостаточной, в процессе наплавки может применяться искусственное охлаждение струей сжатого воздуха. Воздух направляется из специального мундштука на корку шлака, которая уже не находится в жидком состоянии. Из этих соображений предпочтительней наплавка открытой дугой самозащитной проволокой, так как при этом обеспечивается более интенсивное охлаждение валиков, чем при наплавке под флюсом. Наплавка порошковой проволокой производится, одной дугой на типовом сварочном оборудовании (автомат АБСК, сварочный трактор ТС-17М).

Представляется перспективным метод наплавки изношенных гребней бандажей колесных пар электровозов ленточным электродом. Кроме высокой производительности, этот

метод обладает следующими преимуществами: достигается малая глубина проплавления основного металла бандажа, чем уменьшается доля основного металла в наплавленном слое; изменяя дозировку компонентов, можно получить наплавленный металл заданного состава; необходимая конфигурация наплавленного слоя достигается выбранной шириной и поперечными колебаниями электрода при наплавке. Это позволяет наплавить гребень бандажа колесной пары даже со сложной формой выработки.

Значительный интерес представляет применение металлокерамической ленты. Ее изготавливают холодной прокаткой порошков с последующим спеканием в печи (толщина 0,8–1,2 мм, ширина 25–100 мм). Преимуществами металлокерамической ленты являются: повышенная производительность наплавки (на 25–30 % больше, чем холоднокатаной ленты); наплавленный металл более однороден. Опыт применения лент для наплавки гребней незначителен.

Опыт [7] применения лент для наплавки плоских деталей механической части подвижного состава показывает, что при надлежащем управлении процессом поверхность наплавки имеет шероховатость в пределах 0,35–0,55 мм и может не подвергаться механической обработке. На перспективу следует считать необходимой разработку ленты, легированной марганцем.

Таким образом, процесс восстановления конфигурации изношенного гребня без наплавки является экономически невыгодным, так как для увеличения толщины гребня приходится снимать с поверхности катания значительный слой металла. При наплавке гребней бандажей получаем значительную экономию времени и средств ввиду отсутствия необходимости отправки колесных пар на завод или в колесный цех для ремонта со сменой элементов. При организации процесса наплавки гребней без выкатки колесных пар из-под электровоза, затраты времени на производство ремонта существенно снижаются.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Буйносов, А. П. Увеличение срока службы бандажей колесных пар промышленных тепловозов [Текст] / А. П. Буйносов, И. М. Пышный // Омский научный вестник. Серия Приборы, машины и технологии. – 2011 – № 3(103). – С. 152–156.
2. Конарев, Н. С. Железнодорожники в великой отечественной войне 1941–1945 [Текст] / Под ред. Н. С. Конарева. – М.: Транспорт, 1987. – 344 с.
3. Ларин, Т. В. Износ и пути продления срока службы бандажей железнодорожных колес [Текст] / Т. В. Ларин. – М.: Трансжелдориздат, 1958. – 169 с.
4. Буйносов, А. П. Основные причины интенсивного износа бандажей колесных пар подвижного состава и методы их устранения [Текст] / А. П. Буйносов. – Екатеринбург: Изд-во УрГУПС, 2009. – 224 с.
5. Инструкция по сварочным и наплавочным работам при ремонте тепловозов, электровозов, электропоездов и дизель-поездов: ЦТ-336. – М.: Транспорт, 1995. – 236 с.
6. Инструкция по формированию, ремонту и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог колеи 1520 мм: ЦТ/329. – М.: Транспорт, 1995. – 121 с.
7. Буйносов, А. П. Методы повышения ресурса бандажей колесных пар локомотивов [Текст]: монография / А. П. Буйносов. – Саарбрюккен, Germany (Германия): Изд-во «LAP LAMBERT Academic Publishing», 2011. – 284 с. – ISBN 978–3–8454–3339–4.

### **Буйносов Александр Петрович**

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС)

Адрес: 620025, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрическая тяга»

Тел.: +7(3433)585504, +7(3433)455932

E-mail: byinosov@mail.ru, ABuinosov@usurt.ru

### **Пышный Игорь Михайлович**

Уральский государственный университет путей сообщения (УрГУПС)

Адрес: 620025, г. Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66

Ассистент, аспирант кафедры «Электрическая тяга»

Тел. +7(3433)585504

E-mail: igorkz45@mail.ru

A. P. BUYNOSOV, I. M. PISHNIY

## RESTORE CONFIGURATION PROFILE BANDAGE WHEELED ELECTRIC INDUSTRIAL PAR BY SURFACING

*The results of the investigations on the choice of technology for reducing the configuration profile tires industrial electric welding without using rolling out wheelsets. Shows the developed system for deposition of ridges, shows the efficiency of welding wire wheel flange 30HGSA submerged ANC-18. Surfacing of worn-out ridges to 3.5 times the rate reduces turning to restore the configuration of the rolling surface electric bandages and extends the life of wheelsets by 50–60%.*

**Keywords:** electric locomotive, wheelset, bandage; profile, surfacing.

### BIBLIOGRAHY

1. Buynosov, A. P. Uvelichenie sroka sluzhby bandazhey kolesnykh par promyshlennykh teplovozov [Tekst] / A. P. Buynosov, I. M. Pyshnyy // Omskiy nauchnyy vestnik. Seriya Pribory, mashiny i tekhnologii.- 2011 - № 3(103). - S.152-156.
2. Konarev, N. S. ZHeleznodorozhniki v velikoy otechestvennoy voyne 1941-1945 [Tekst] / Pod red. N. S. Konareva. - M.: Transport, 1987. - 344 s.
3. Larin, T. V. Iznos i puti prodleniya sroka sluzhby bandazhey zheleznodorozhnykh koles [Tekst] / T. V. Larin. - M.: Transzheldorizdat, 1958. - 169 s.
4. Buynosov, A. P. Osnovnye prichiny intensivnogo iznosa bandazhey kolesnykh par podvizhnogo sosta-va i metody ikh ustraneniya [Tekst] / A. P. Buynosov. - Ekaterinburg: Izd-vo UrGUPS, 2009. - 224 s.
5. Instruktsiya po svarochnym i naplavochnym rabotam pri remonte teplovozov, elektrovozov, elektro-poezdov i dizel'-poezdov: TST-336. - M.: Transport, 1995. - 236 s.
6. Instruktsiya po formirovaniyu, remontu i soderzhaniyu kolesnykh par tyagovogo podvizhnogo sostava zheleznykh dorog kolei 1520 mm: TST/329. - M.: Transport, 1995. - 121 s.
7. Buynosov, A. P. Metody povysheniya resursa bandazhey kolesnykh par lokomotivov [Tekst]: monogra-fiya / A. P. Buynosov. - Saarbrücken, Germany (Germaniya): Izd-vo "LAP LAMBERT Academic Publishing", 2011. - 284 s. - ISBN 978-3-8454-3339-4.

#### **Buynosov Alexander Petrovich**

Urals State University of Railway Transport (USURT)  
Address: 620025, Ekaterinburg, ul. Kolmogorov, 66  
Candidate technical Sciences, Associate Professor of "Electric traction"  
Tel.: +7(3433)585504, +7(3433)455932  
E-mail: byinosov@mail.ru, ABuynosov@usurt.ru

#### **Pishniy Igor Mihaylovich**

Urals State University of Railway Transport (USURT)  
Address: 620025, Ekaterinburg, ul. Kolmogorov, 66  
Assistant, graduate student, "Electric traction"  
Tel.: +7(3433)585504  
E-mail: igorkz45@mail.ru

УДК 62-752:517.977.5

О. В. ФОМИНОВА, В. С. БУЗУЕВ, В. И. ЧЕРНЫШЕВ, А. В. КОРОБКО

## ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ВИБРОЗАЩИТНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МАШИНЫ С ФРИКЦИОННЫМ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ МЕХАНИЗМОМ

*Разработана методика нахождения оптимального релейного закона управления фрикционным исполнительным механизмом. Приведены результаты анализа вынужденных колебаний системы.*

**Ключевые слова:** виброзащитная система, фрикционный исполнительный механизм, коэффициент динамичности.

При работе технологических машин неизбежно возникает вибрация, которая, как правило, снижает надежность отдельных узлов и механизмов, а также негативно воздействует на человека-оператора [7].

Наиболее распространенными источниками вибрации являются периодические возмущения, имеющие силовой, либо кинематический характер [1,2,3].

Для защиты техники и человека-оператора от вибрации используют различные виброзащитные системы. Наиболее эффективными считаются активные (управляемые) виброзащитные системы [6,7].

На рисунке 1 представлена схема управляемой виброзащитной системы с фрикционным исполнительным механизмом [5].

Колебания системы описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\ddot{x} + k^2 \left( x - y \right) = \frac{U(t)}{m}, \quad (1)$$

где  $U$  – сила трения, создаваемая фрикционным исполнительным механизмом, причем  $-U_0 \leq U(t) \leq U_0$ ;

$x, \ddot{x}$  – координата и ускорение защищаемого объекта;

$y = y_0 \sin \omega t$  – кинематическое возмущение с частотой  $\omega$  и амплитудой  $y_0$ ;

$k = \sqrt{c/m}$  – собственная частота.

Преобразуем уравнение (1) к безразмерному виду:

$$\ddot{\xi} + \frac{1}{\eta^2} \left( \xi - \sin \tau \right) = \frac{u(\tau)}{\eta^2}, \quad (2)$$

где  $\xi = \frac{x}{y_0}$ ,  $\dot{\xi} = \frac{\dot{x}}{y_0 \omega}$ ,  $\ddot{\xi} = \frac{\ddot{x}}{y_0 \omega^2}$  – безразмерные смещение, скорость и ускорение объекта;

$\tau = \omega t$  – безразмерное время;

$\eta = \frac{\omega}{k}$  – относительная частота;

$u(\tau) = \frac{U(t)}{m y_0 k^2}$  – управление.

Ставим следующую оптимизационную задачу – на интервале  $0 \dots T$  установившихся колебаний системы (2) определить релейный закон управления (рис. 2)

$$u(\tau) = \begin{cases} \zeta, & \tau_1 < \tau < \tau_2; \\ -\zeta, & 0 < \tau < \tau_1, \tau_2 < \tau < T, \end{cases} \quad (3)$$

при котором достигается минимальное значения коэффициента динамичности

$$Kd = \max|\xi| \quad (4)$$

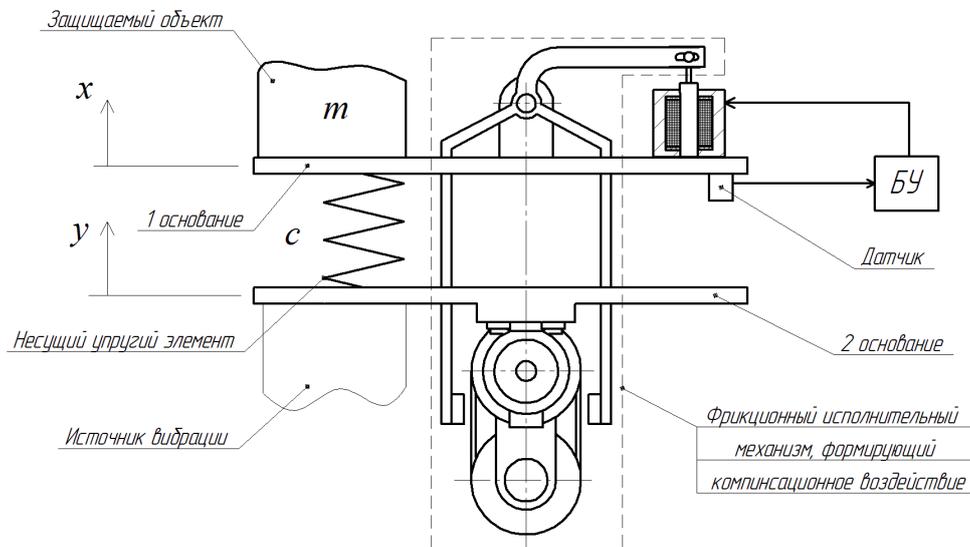


Рисунок 1 – Виброзащитная система с фрикционным исполнительным механизмом

В уравнении (3) приняты следующие обозначения:

$$\zeta = \frac{U_0}{m y_0 k^2} \text{ – сила трения (сухое трение – безразмерный вид);}$$

$T = 2\pi$  – период установившихся колебаний;

$\tau_1, \tau_2$  – моменты переключения фрикционного исполнительного механизма, которые подлежат определению по условию задачи.

Очевидно, что при установившемся режиме колебаний моменты переключения  $\tau_1$  и  $\tau_2$  связаны следующим соотношением:

$$\tau_1 - \tau_2 = \pi. \quad (5)$$

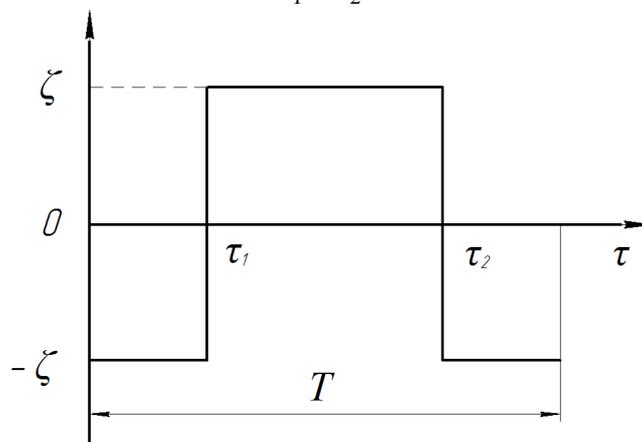


Рисунок 2 – Схема переключения функции управления

Управление (3), как существенно-нелинейную периодическую функцию, разложим в ряд Фурье:

$$u(\tau) = \sum_i^{\infty} (a_i \cos i\tau + b_i \sin i\tau), \quad (6)$$

где  $a_i = \frac{2}{T} \int_0^T u(\tau) \cos i\tau \, d\tau,$

$$b_i = \frac{2}{T} \int_0^T u(\tau) \sin i\tau \, d\tau.$$

В соответствии со схемой переключения (рис. 2), получим:

$$a_i = \frac{\zeta}{\pi} \left( - \int_0^{\tau_1} \cos i\tau \, d\tau + \int_{\tau_1}^{\tau_2} \cos i\tau \, d\tau - \int_{\tau_2}^T \cos i\tau \, d\tau \right) = \frac{2\zeta}{i\pi} (\sin i\tau_2 - \sin i\tau_1), \quad (7)$$

$$b_i = \frac{\zeta}{\pi} \left( - \int_0^{\tau_1} \sin i\tau \, d\tau + \int_{\tau_1}^{\tau_2} \sin i\tau \, d\tau - \int_{\tau_2}^T \sin i\tau \, d\tau \right) = \frac{2\zeta}{i\pi} (\cos i\tau_1 - \cos i\tau_2). \quad (8)$$

С учетом соотношения (5), коэффициенты (7) и (8) при четном индексе  $i$  равны нулю, поскольку  $\sin i\tau_2 = \sin i\tau_1$ ,  $\cos i\tau_2 = \cos i\tau_1$ . При нечетных значениях  $i = 2k + 1$ , где  $k = 0, 1, 2, \dots$ , имеем:

$$a_i = -\frac{4\zeta}{i\pi} \sin i\tau_1, \quad (9)$$

$$b_i = \frac{4\zeta}{i\pi} \cos i\tau_1. \quad (10)$$

После подстановки коэффициентов (9) и (10) в разложение (6), получим:

$$u(\tau) = \frac{4\zeta}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \left( \frac{\sin i(\tau - \tau_1)}{i} \right). \quad (11)$$

Теперь, исходное дифференциальное уравнение (2) можно записать в следующий вид:

$$\ddot{\xi} + \frac{1}{\eta^2} \xi = \frac{1}{\eta^2} \sin \tau + \frac{4\zeta}{\eta^2 \pi} \sum_{i=1}^{\infty} \left( \frac{\sin i(\tau - \tau_1)}{i} \right). \quad (12)$$

Поскольку рассматривается установившийся режим колебаний, то частное решение дифференциального уравнения (12):

$$\xi = \frac{1}{1 - \eta^2} \sin \tau + \frac{4\zeta}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \left( \frac{\sin i(\tau - \tau_1)}{i(1 - i^2 \eta^2)} \right). \quad (13)$$

В нашем случае  $\max|\xi| \approx \max|\dot{\xi}|$ , поэтому

$$\frac{\partial \xi}{\partial \tau} = \frac{\partial \dot{\xi}}{\partial \tau_1} = 0, \quad (14)$$

$$\frac{1}{1 - \eta^2} \cos \tau + \frac{4\zeta}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{\cos i(\tau - \tau_1)}{1 - i^2 \eta^2} = 0, \quad (15)$$

$$\frac{4\zeta}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{i \sin i \tau_1}{1-i^2\eta^2} = 0. \quad (16)$$

Отсюда находим, что  $\tau = \tau_1$  и, соответственно получаем уравнение для определения момента переключения  $\tau_1$ :

$$\frac{1}{1-\eta^2} \cos \tau_1 + \frac{4\zeta}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \left( \frac{1}{(1-i^2\eta^2)} \right) = 0, \quad (17)$$

Из данного уравнения определяем момент переключения  $\tau_1$ , при котором коэффициент динамичности (4) принимает минимальное значение.

Имеем:

$$\tau_1 = \arccos \frac{4\zeta(\eta^2-1)}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{1-i^2\eta^2}, \quad (18)$$

$$Kd = \frac{1}{1-\eta^2} \sin \tau_1. \quad (19)$$

Область допустимых значений переменных  $\zeta$  и  $\eta$  определяется из соотношения

$$-1 \leq \frac{4\zeta(\eta^2-1)}{\pi} \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{1-i^2\eta^2} \leq 1. \quad (20)$$

На рисунке 3 представлены графики релейных управлений и компонент состояния защищаемого объекта (перемещения, скорости). Как видно, переключения управлений происходят в моменты смены знака скорости. «Волнистость» управлений (в том числе наблюдаемый эффект Гиббса [4]) являются неотъемлемым «признаком» резких перепадов воспроизводимых разложением (11).

Характерные графики коэффициента динамичности  $Kd$ , как функций относительной частоты  $\eta$  (при различных значениях силы трения  $\zeta$ ), представлены на рисунке 4.

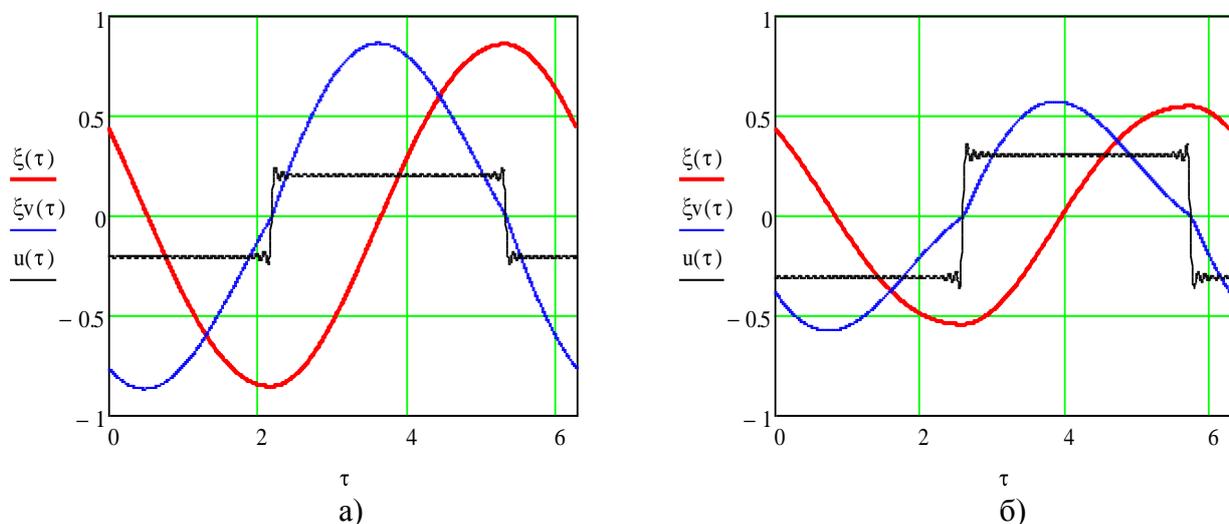


Рисунок 3 – Графики перемещений, скоростей и управлений:

$$(i=63); \xi v(\tau) \leftrightarrow \dot{\xi}; \eta=1,4;$$

$$a - \zeta=0,4; \tau_1=2,174; \quad b - \zeta=0,6; \tau_1=2,589$$

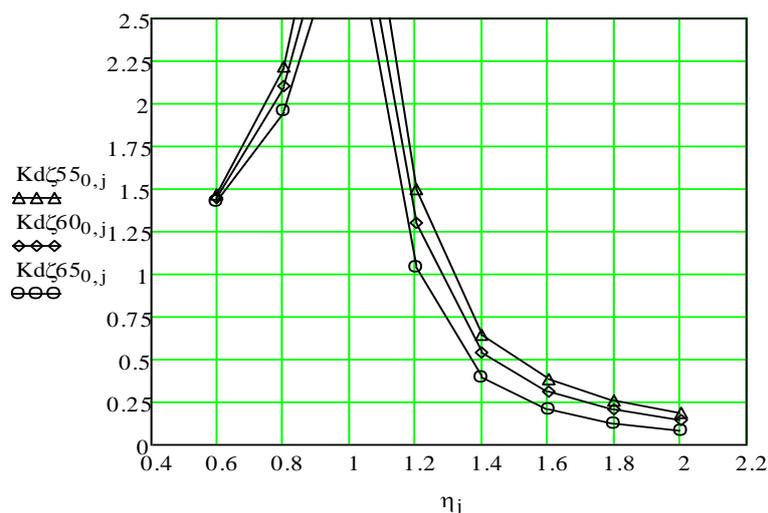


Рисунок 4 – Графики коэффициентов динамичности: ( $i=93$ )  
 $Kd\zeta_{55} \Rightarrow \zeta = 0,55$ ;  $Kd\zeta_{60} \Rightarrow \zeta = 0,60$ ;  $Kd\zeta_{65} \Rightarrow \zeta = 0,65$

Как и следовало ожидать, при отсутствии демпфирующих устройств и релейном управлении (11), которое синхронизирует колебания объекта с частотой кинематического возмущения, резонансные явления не устраняются. Тем не менее, существенное снижение колебаний объекта, при использовании виброзащитной системы с фрикционным исполнительным механизмом обеспечивается, если относительная частота  $\eta > 1$ , а сухое трение  $\zeta = 0,65$ . Показательно, что на относительной частоте  $\eta = 1,4$  амплитуды колебаний объекта уменьшаются, по сравнению с пассивной системой виброзащиты, практически в три раза.

В рамках идеализированной модели управляемой виброзащитной системы (1) разработанная методика позволяет находить оптимальный релейный закон переключений фрикционного исполнительного механизма, а также установить область допустимых значений сил сухого трения в зависимости от частоты кинематического возмущения, параметров жесткости несущего упругого элемента и массы защищаемого объекта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабаков, И. М. Теория колебаний [Текст] / И. М. Бабаков. – М.: Дрофа, 2004. – 593 с.
2. Бидерман, В. Л. Теория механических колебаний [Текст] / В. Л. Бидерман. – М.: Высшая школа, 1980. – 406 с.
3. Блехман, И. И. Вибрации в технике [Текст]: Справочник. Т.2. Колебания нелинейных механических систем / Под ред. И.И. Блехмана. – М.: Машиностроение, 1979. – 456 с.
4. Дьяконов, В. П. MathCAD 2001 [Текст]: специальный справочник / В.П. Дьяконов. – СПб.: Питер, 2002. – 832 с.
5. Пат. 2429394 Российская Федерация. Амортизатор [Текст] / Чернышев В. И., Бузуев В. С., Фоминова О. В., Ванин В. С. Бюл. – 2011.
6. Фоминова, О. В. Экстремальные задачи и оптимизация: введение в теорию непрямого импульсного управления процессами колебаний [Текст] / О. В. Фоминова, В. И. Чернышев, Ю. С. Степанов. – М.: Издательский дом «СПЕКТР», 2011 – 218 с.
7. Чегодаев, Д. Е. Управляемая виброизоляция [Текст] / Д. Е. Чегодаев, Ю. В. Шатилов. – Самара: Самарский аэрокосмический университет, 1995. – 143 с.

**Фоминова Ольга Владимировна**

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК

Адрес: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Теоретическая и прикладная механика».

E-mail: Victor2821@yandex.ru

**Бузуев Виктор Сергеевич**

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК  
Адрес: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Аспирант кафедры «Динамика и прочность машин».  
E-mail: Victor2821@yandex.ru

**Чернышев Владимир Иванович**

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК  
Адрес: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Динамика и прочность машин».  
E-mail: Victor2821@yandex.ru

**Коробко Андрей Викторович**

ФГБОУ ВПО Госуниверситет – УНПК  
Адрес: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
Д-р техн. наук, профессор кафедры «Динамика и прочность машин».  
E-mail: Victor2821@yandex.ru

---

O. V. FOMINOVA, V. S. BUZU, V. I. CHERNYSHEV, A. V. KOROBKO

## FORCED VIBRATIONS OF PROTECTING FROM THE VIBRATIONS OF THE TECHNOLOGY MACHINES WITH FRICTION ACTUATOR

*Methodology for identifying optimal relay law of friction actuating mechanism management is developed. The results of system forced oscillations analysis are singled out.*

**Keywords:** vibration isolation system, friction actuating mechanism, dynamic factor.

### BIBLIOGRAPHY

1. Babakov, I. M. Teoriya kolebaniy [Tekst] / I. M. Babakov. - M.: Drofa, 2004. - 593 s.
2. Biderman, V. L. Teoriya mekhanicheskikh kolebaniy [Tekst] / V. L. Biderman. - M.: Vysshaya shkola, 1980. - 406 s.
3. Blekhman, I. I. Vibratsii v tekhnike [Tekst]: Spravochnik. T.2. Kolebaniya nelineynykh mekhanicheskikh sistem / Pod red. I.I. Blekhmana. - M.: Mashinostroenie, 1979. - 456 s.
4. D'yakov, V. P. MathCAD 2001 [Tekst]: spetsial'nyy spravochnik / V.P. D'yakov. - SPb.: Piter, 2002. - 832 s.
5. Pat. 2429394 Rossiyskaya Federatsiya. Amortizator [Tekst] / Chernyshev V. I., Buzuev V. S., Fominova O. V., Vanin V. S. Byul. - 2011.
6. Fominova, O. V. Ekstremal'nye zadachi i optimizatsiya: vvedenie v teoriyu neprya-mogo impul'snogo upravleniya protsessami kolebaniy [Tekst] / O. V. Fominova, V. I. Chernyshev, YU. S. Stepanov. - M.: Izdatel'skiy dom "SPEKTR", 2011 - 218 s.
7. Chegodaev, D. E. Upravlyaemaya vibroizolyatsiya [Tekst] / D. E. Chegodaev, YU. V. Shati-lov. - Samara: Samarskiy aerokosmicheskiy universitet, 1995.- 143 s.

**Fominova Olga Vladimirovna**

FGBOU VPO State University - UNPK  
Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29  
Candidate technical, associate professor department "Theoretical and Applied Mechanics"  
E-mail: Victor2821@yandex.ru

**Buzuev Victor Sergeevich**

FGBOU VPO State University - UNPK  
Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29  
Graduate student, department "Dynamics and Strength of Machines"  
E-mail: Victor2821@yandex.ru

**Chernyshev Vladimir Ivanovich**

FGBOU VPO State University - UNPK  
Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29  
Dr. Sc. Sciences, Department "Dynamics and Strength of Machines"  
E-mail: Victor2821@yandex.ru

**Korobko Andrey Victorovich**

FGBOU VPO State University - UNPK  
Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29  
Dr. Sc. Sciences, Department "Dynamics and Strength of Machines"  
E-mail: Victor2821@yandex.ru

В. М. ЗЕМСКОВ, Д. Ю. КОЧЕТОВ

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ВИБРАЦИОННОГО РАБОЧЕГО НАКОНЕЧНИКА ПРИ ОБРАЗОВАНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН С УЧЕТОМ ВЯЗКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА

*Представлена математическая модель, описывающая параметры движения вибрационного наконечника с центробежным возбудителем колебаний в плоскости перпендикулярной оси проходки при неустановившемся режиме работы. Получены дифференциальные уравнения движения вибрационного рабочего наконечника с учетом вязкого сопротивления грунта.*

**Ключевые слова:** математическая модель, уравнение движения, вибрационный наконечник, грунт, вязкое сопротивление.

Образование горизонтальных скважин способом вибрационного прокола при бестраншейной прокладке коммуникаций позволяет значительно снизить осевое усилие подачи, по сравнению со статическим проколом, за счет снижения трения между частицами грунта и внедряемой трубы о грунт. Известны способы вибрационного прокола с осевыми, и продольно-вращательными колебаниями рабочего наконечника.

В Балаковском ИТТУ разработана технология образования горизонтальных скважин, использующая вибрационный рабочий наконечник с круговыми колебаниями в плоскости перпендикулярной оси проходки. Выполненные экспериментальные исследования позволяют характеризовать предложенный способ вибрационного прокола с колебаниями перпендикулярно оси проходки следующими достоинствами: энергоёмкость процесса проходки горизонтальных скважин на глинах - 17 МДж/м<sup>3</sup>, на песках - 30 МДж/м<sup>3</sup>, при скоростях проходки 75-85 м/ч; снижение трудозатрат по сравнению со статическим проколом составляет 30-50 % [1].

Конструктивно вибровозбудитель рабочего наконечника представляет собой центробежный преобразователь электрической (пневматической) энергии в механическую энергию колебаний. Таким образом, рабочий наконечник установки для вибрационного прокола генерирует гармонические колебания.

В процессе внедрения вибрационного рабочего наконечника в грунт, происходит образование скважины за счёт радиального уплотнения частиц грунта, при котором изменяются физико-механические свойства грунта, как от изменения его объёма, так и от рассеянной (диссипированной) энергии колебаний в массиве грунта. При этом грунт, оказывая диссипативное воздействие на вибрационный рабочий наконечник, изменяет его движение. Таким образом, при решении задач по исследованию взаимодействия вибрационного рабочего инструмента с грунтом необходимо учитывать не только воздействие источника энергии колебаний на грунт, но и ответное воздействие грунтовой среды на вибрационный рабочий инструмент [2].

Несмотря на относительную конструктивную простоту вибрационного наконечника, он образует с грунтом сложную динамическую систему и для того, чтобы грамотно проектировать и эффективно применять вибрационные рабочие наконечники для образования скважин необходимо, прежде всего, изучить процесс взаимодействия наконечника с грунтом.

Рабочий наконечник установки для вибрационного прокола представляет собой рабочий орган, который осуществляет колебательные движения в плоскости перпендикулярной оси проходки, для интенсификации процесса образования горизонтальной скважины, путем уплотнения грунта в стенки скважины. По форме колебаний рабочий наконечник осуществляет круговые колебания. При этом принимается допущение, что круговые колебания наконечника генерируют прямолинейно направленные колебания частиц грунта, который в данном случае рассматривается как дисперсное тело.

В рамках данной статьи представлена математическая модель, описывающая параметры движения наконечника с центробежным возбудителем колебаний в плоскости перпендикулярной оси проходки при неустановившемся режиме работы.

Неустановившиеся режимы работы вибрационного рабочего наконечника возникают в момент разгона дебалансных масс вибратора и при изменении свойств грунта по трассе обрабатываемой скважины. Как правило, грунт подлежащий разработке при проходке горизонтальных скважин находится в уплотненном состоянии, для которого диапазон резонансных частот составляет 13-27 Гц (800-1600 кол/мин). В работе [1] было определено, что для создания требуемых критических ускорений в массиве грунта при проходке скважин способом вибрационного прокола частота колебаний должна быть более 30 Гц. Таким образом, вибрационный наконечник работает в зарезонансном режиме. В связи с этим важное практическое значение имеет вопрос исследования взаимодействия вибрационного рабочего наконечника с грунтом при переходе через резонанс.

Исследование процесса взаимодействия между вращающимися и колеблющимися частями вибрационного рабочего наконечника на переходных (неустановившихся) режимах работы следует проводить на основе уравнений Лагранжа второго рода, которые позволяют описать движение изучаемой системы по энергетическим затратам. Такой подход позволяет также изучить работу привода вибрационного рабочего наконечника в условиях ограниченной мощности двигателя, что в свою очередь определяется конструкцией наконечников.

Уравнение Лагранжа второго рода для неустановившегося режима движения вибрационного рабочего наконечника в плоскости перпендикулярной оси проходки запишется:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} = Q_i, \quad (1)$$

где  $T$  – кинетическая энергия системы;

$\Pi$  – потенциальная энергия системы;

$q_i$  – обобщенная координата системы для  $i$ -ой степени её свободы;

$\dot{q}_i$  – обобщенная скорость;

$Q_i$  – обобщенная сила соответствующая  $i$ -ой степени её свободы.

Положение вибрационного рабочего наконечника (относительно оси скважины  $O$ , рис. 1), совершающего круговую форму колебаний можно определить следующими обобщенными координатами:

– углом поворота дебаланса –  $\varphi \Rightarrow q_1 = \varphi$ ;

– перемещением по оси абсцисс –  $x \Rightarrow q_2 = x$ ;

– перемещением по оси ординат –  $y \Rightarrow q_3 = y$ .

Выразим через обобщенные координаты положения центров масс дебаланса и колеблющиеся массы рабочего наконечника:

$$x_{\text{дб}} = e_{\text{дб}} \cdot \cos \varphi + x \quad x_{\text{н}} = x$$

$$y_{\text{дб}} = e_{\text{дб}} \cdot \sin \varphi + y \quad y_{\text{н}} = y$$

Дифференцируя эти выражения по времени получим проекции скоростей центров масс на оси координат:

$$\dot{x}_{\text{дб}} = -e_{\text{дб}} \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi + \dot{x} \quad \dot{x}_{\text{н}} = \dot{x}$$

$$y_{\text{дб}} = e_{\text{дб}} \cdot \dot{\varphi} \cdot \cos \varphi + \dot{y} \quad \dot{y}_{\text{н}} = \dot{y}$$

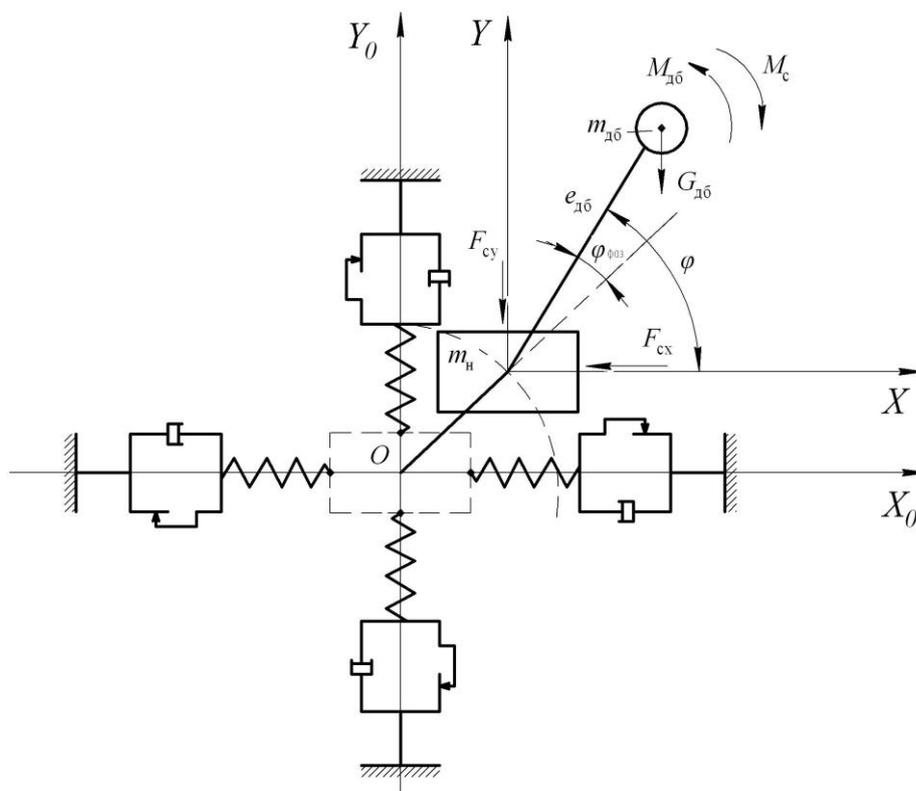


Рисунок 1 - Мгновенное состояние колеблющейся системы:

$m_n$  - колеблющаяся масса наконечника,  $m_{db}$  - масса дебаланса вибратора,  $e_{db}$  - эксцентриситет дебаланса вибратора,  $G_{db}$  - вес дебаланса,  $\varphi_{faz}$  - угол сдвига фаз положения дебаланса относительно линии действия инерционной силы массы вибрационного рабочего наконечника

Определим координаты скоростей центров масс дебаланса и рабочего наконечника:

$$v_{db}^2 = \dot{x}_{db}^2 + \dot{y}_{db}^2 = (-e_{db} \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi + \dot{x})^2 + (e_{db} \cdot \dot{\varphi} \cdot \cos \varphi + \dot{y})^2 = e_{db}^2 \cdot \dot{\varphi}^2 \cdot \sin^2 \varphi - 2 \cdot e_{db} \cdot \dot{\varphi} \cdot \dot{x} \cdot \sin \varphi + \dot{x}^2 + e_{db}^2 \cdot \dot{\varphi}^2 \cdot \cos^2 \varphi + 2 \cdot e_{db} \cdot \dot{\varphi} \cdot \dot{y} \cdot \cos \varphi + \dot{y}^2,$$

$$v_{db}^2 = e_{db}^2 \cdot \dot{\varphi}^2 + 2 \cdot e_{db} \cdot \dot{\varphi} \cdot (\dot{y} \cdot \cos \varphi - \dot{x} \cdot \sin \varphi) + \dot{x}^2 + \dot{y}^2, \quad (2)$$

$$v_n^2 = \dot{x}^2 + \dot{y}^2, \quad \omega_{db}^2 = \dot{\varphi}^2, \quad (3)$$

где  $\omega_{db}$  - угловая скорость вращения дебаланса.

Используя полученные зависимости, получим уравнение кинетической энергии:

$$T = \frac{1}{2} \cdot (m_n \cdot (\dot{x}^2 + \dot{y}^2) + \dot{\varphi}^2 \cdot (m_{db} \cdot e_{db}^2 + I_{db})) + 2 \cdot m_{db} \cdot e_{db} \cdot \dot{\varphi} \cdot (\dot{y} \cdot \cos \varphi - \dot{x} \cdot \sin \varphi). \quad (4)$$

Функция потенциальной энергии определяется положением центра масс системы относительно центра колебаний

$$\Pi = -(m_n + m_{db}) \cdot g \cdot \sqrt{x^2 + y^2} \cdot \sin(\varphi - \varphi_{faz}) - m_{db} \cdot g \cdot (\sqrt{x^2 + y^2} \cdot \sin(\varphi - \varphi_{faz}) + e_{db} \cdot \sin \varphi),$$

$$\Pi = -(m_n + m_{db}) \cdot g \cdot \sqrt{x^2 + y^2} \cdot \sin(\varphi - \varphi_{faz}) - m_{db} \cdot e_{db} \cdot g \cdot \sin \varphi. \quad (5)$$

Выражение для определения обобщенных сил, действующих на вибрационный наконечник представлены в виде:

$$Q_x = F_{cx}, \quad (6)$$

$$Q_y = F_{cy}, \quad (7)$$

$$Q_\varphi = M_{db} - M_c - G_{db} \cdot l_{db} \cdot \cos \varphi, \quad (8)$$

где  $F_{cx}, F_{cy}$  – упруго-вязко-пластичные силы сопротивления со стороны грунта, действующие на вибрационный рабочий наконечник;

$M_{дб}$  – вращающий момент на валу дебаланса;

$M_c$  – момент сопротивления вращению дебаланса (опор вращения и от трения о корпус).

Для составления уравнений Лагранжа второго рода продифференцируем выражение для кинетической и потенциальной энергий:

$$\begin{cases} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = \dot{\varphi} \cdot (m_{дб} \cdot e_{дб}^2 + I_{дб}) + m_{дб} \cdot e_{дб} \cdot (\dot{y} \cdot \cos \varphi - \dot{x} \cdot \sin \varphi) \\ \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} = m_H \cdot \dot{x} - m_{дб} \cdot e_{дб} \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi \\ \frac{\partial T}{\partial \dot{y}} = m_H \cdot \dot{y} - m_{дб} \cdot e_{дб} \cdot \dot{\varphi} \cdot \cos \varphi \end{cases}, \quad (9)$$

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) = \ddot{\varphi} \cdot (m_{дб} \cdot e_{дб}^2 + I_{дб}) + m_{дб} \cdot e_{дб} \cdot (\ddot{y} \cdot \cos \varphi - \dot{y} \cdot \dot{\varphi} \cdot \sin \varphi - \ddot{x} \cdot \sin \varphi - \dot{x} \cdot \dot{\varphi} \cdot \cos \varphi) \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) = m_H \cdot \ddot{x} - m_{дб} \cdot e_{дб} \cdot (\dot{\varphi} \cdot \sin \varphi + \dot{\varphi}^2 \cdot \cos \varphi) \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{y}} \right) = m_H \cdot \ddot{y} - m_{дб} \cdot e_{дб} \cdot (\dot{\varphi} \cdot \cos \varphi + \dot{\varphi}^2 \cdot \sin \varphi) \end{cases}, \quad (10)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial T}{\partial \varphi} = -m_{дб} \cdot e_{дб} \cdot (\dot{\varphi} \cdot \dot{y} \cdot \sin \varphi + \dot{\varphi} \cdot \dot{x} \cdot \sin \varphi) \\ \frac{\partial T}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial T}{\partial y} = 0 \end{cases}, \quad (11)$$

$$\begin{cases} \frac{\partial \Pi}{\partial \varphi} = -(m_H + m_{дб}) \cdot g \cdot \sqrt{x^2 + y^2} \cdot \cos(\varphi - \varphi_{фаз}) - m_{дб} \cdot e_{дб} \cdot g \cdot \cos \varphi \\ \frac{\partial \Pi}{\partial x} = -(m_H + m_{дб}) \cdot g \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cdot \sin(\varphi - \varphi_{фаз}) \\ \frac{\partial \Pi}{\partial y} = -(m_H + m_{дб}) \cdot g \cdot \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cdot \sin(\varphi - \varphi_{фаз}) \end{cases}. \quad (12)$$

На основании представленных выражений дифференциальные уравнения движения вибрационного наконечника в обобщенных координатах запишутся:

$$\begin{aligned} & \ddot{\varphi} \cdot (m_{дб} \cdot e_{дб}^2 + I_{дб}) + m_{дб} \cdot e_{дб} \cdot (\ddot{y} \cdot \cos \varphi - \ddot{x} \cdot \sin \varphi) - \\ & - (m_H + m_{дб}) \cdot g \cdot \sqrt{x^2 + y^2} \cdot \cos(\varphi - \varphi_{фаз}) - G_{дб} \cdot e_{дб} \cdot \cos \varphi = M_{дб} - M_c - G_{дб} \cdot e_{дб} \cdot \cos \varphi \end{aligned}, \quad (13)$$

$$m_H \cdot \ddot{x} - m_{дб} \cdot e_{дб} \cdot (\dot{\varphi} \cdot \sin \varphi + \dot{\varphi}^2 \cdot \cos \varphi) - (m_H + m_{дб}) \cdot g \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cdot \sin(\varphi - \varphi_{фаз}) = F_{cx}, \quad (14)$$

$$m_H \cdot \ddot{y} - m_{дб} \cdot e_{дб} \cdot (\dot{\varphi} \cdot \cos \varphi + \dot{\varphi}^2 \cdot \sin \varphi) - (m_H + m_{дб}) \cdot g \cdot \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2}} \cdot \sin(\varphi - \varphi_{фаз}) = F_{cy}. \quad (15)$$

В рамках дальнейшей работы следует провести численное решение полученных уравнений, что даст возможность провести оценку режимных и конструктивных параметров вибрационного рабочего наконечника.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Земсков, В. М. Развитие научных основ создания вибрационных рабочих наконечников машин для прокола горизонтальных грунтовых скважин [Текст]: дис. ... д-р техн. наук / Земсков Владимир Михайлович. – Новочеркасск, 2011. – 307 с.
2. Кононенко, В. О. О зависимости между диссипативными свойствами колебательной системы и её амплитудно-фазо-частотными характеристиками [Текст] / В. О. Кононенко, Н. П. Плахтиенко // Прикладная механика. – 1972. – Вып. 7. – С. 3-7.

**Земсков Владимир Михайлович**

Балаковский институт техники, технологии и управления

Адрес: 413800, г. Балаково, ул. Чапаева, 140

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины»

Тел.: +7(9272)251820

E-mail: zevlam@yandex.ru

**Кочетов Дмитрий Юрьевич**

Балаковский институт техники, технологии и управления

Адрес: 413800, г. Балаково, ул. Чапаева, 140

Аспирант кафедры «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины»

Тел.: +7(9063)002956

E-mail: chainiy@bk.ru

V. M. ZEMSKOV, D. Y. KOCHETOV

## MATHEMATICAL MODEL OF MOTION WORK VIBRATING TIP EDUCATION FOR HORIZONTAL WELLS IN VIEW OF GROUND VISCOUS RESISTANCE

*The mathematical model describing parameters of movement of a vibrating tool with the centrifugal activator of fluctuations in the plane of a perpendicular axis of a driving at the unsteady operating mode is presented. The differential equations of movement of a vibrating working tool taking into account viscous resistance of ground are received.*

**Keywords:** mathematical model, movement equation, vibrating tool, ground, viscous resistance.

### BIBLIOGRAPHY

1. Zemskov, V. M. Razvitie nauchnykh osnov sozdaniya vibratsionnykh rabochikh nakonechnikov mashin dlya prokola gorizontaľnykh gruntovykh skvazhin [Tekst]: dis. ... d-r tekhn.nauk / Zemskov Vladimir Mikhaylovich. - Novocherkassk, 2011. - 307 s.
2. Kononenko, V. O. O zavisimosti mezhdru dissipativnymi svoystvami kolebatel'noy sistemy i eio amplitudno-fazo-chastotnymi kharakteristikami [Tekst] / V. O. Kononenko, N. P. Plakhtienko // Prikladnaya mekhanika. - 1972. - Vyp. 7. - S. 3-7.

**Zemskov Vladimir Mihaylovich**

Balakovo Institute of Engineering, Technology and Management

Address: 413 800, Balakovo, st. Chapaeva, 140

Candidate Technical Sciences, Associate Professor, "Lifting-transport, construction and road machines"

Tel.: +7(9272)251820

E-mail: zevlam@yandex.ru

**Kochetov Dmitriy Yr'evich**

Balakovo Institute of Engineering, Technology and Management

Address: 413 800, Balakovo, st. Chapaeva, 140

Post-graduate Department "Lifting-transport, construction and road machines"

Tel.: +7(9063)002956

E-mail: chainiy@bk.ru

УДК 621.867

В. И. КУТЕЙКИН, О. А. ЛУСКАНЬ, Г. В. БАРСУКОВ

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ШТУЧНЫХ ГРУЗОВ НА ДВУХСЕКЦИОННОМ ИНЕРЦИОННОМ РОЛИКОВОМ КОНВЕЙЕРЕ

*Рассмотрены вопросы по определению скоростей штучного груза с плоской опорной поверхностью на двухсекционном инерционном роликовом конвейере с помощью теории не-свободной материальной системы, из условия не проскальзывания груза по роликам, с определением рациональных параметров колебания секций конвейера.*

**Ключевые слова:** штучный груз, двухсекционный инерционный роликовый конвейер, средняя максимальная скорость, амплитуда, частота колебаний.

Современное предприятие – это технологический комплекс машин и оборудования, обеспечивающих полную механизацию и автоматизацию производственных процессов, способствующие увеличению выпуска продукции и уменьшению её себестоимости. Это даёт возможность повысить конкурентоспособность предприятия и получить максимальную прибыль. Сегодня во многих отраслях промышленности используются гибкие производственные системы (ГПС), удовлетворяющие требованиям при переходе на выпуск новых изделий по отсутствию жесткой кинематической цепи технологического оборудования. Для обслуживания грузопотоков ГПС применяют различные типы конвейеров. Особое место, занимают конвейеры, предназначенные для транспортирования штучных грузов. Для этого применяются пластинчатые, грузоведущие, ленточные, тележечные, роликовые, шагающие конвейеры, имеющие возможность обеспечивать изменение скорости транспортирования, непрерывности подачи и накопление. Однако недостатками указанных конвейеров являются металлоемкость конструкции, сложность обеспечения точности позиционирования грузов без остановки конвейера и значительная энергоемкость процесса транспортирования. В связи с этим необходимо создание универсальных и быстро перенастраиваемых конвейеров для подачи и транспортировки грузов на небольшие расстояния, при этом обеспечивая дополнительные операции, например по позиционированию и реверсированию грузов.

Современными исследованиями по созданию конвейерных систем нового поколения и совершенствованием традиционных технологий транспортирования грузов занимаются как отечественные, так и зарубежные компании.

На кафедре «Подъёмно-транспортные, строительные и дорожные машины» ФГБОУ ВПО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.» разработаны и запатентованы новые конструкции инерционных конвейеров, которые могут применяться в качестве транспортно-технологических, подающих и отводных средств, а также транспортных систем, использующихся в ГПС машиностроительных производств. Данные конвейеры отличаются от известных типов конвейеров малой энергоемкостью транспортно-технологических процессов, сравнительно низкой металлоемкостью конструкций и отсутствием привода каждого грузонесущего элемента.

Одним из типов таких конвейеров является двухсекционный инерционный роликовый конвейер, конструкция которого представлена на рисунке 1.

Двухсекционный инерционный роликовый конвейер содержит наружную 1 и внутреннюю 2 секции, с установленными на них, на неподвижных осях 3 и 4 роликами 5, оснащенных механизмами свободного хода 6. Секции опираются на катки 7 и 8, и имеют двух кривошипный привод 9 возвратно-поступательного перемещения в противофазе.

Для транспортирования груза включается привод 9. Наружная 1 и внутренняя 2 секции вместе с роликами 5 начинают совершать прямолинейное возвратно-поступательное движение в противофазе в плоскости транспортирования. При прямом ходе наружной секции, когда она движется в сторону транспортирования, сила инерции стремится переместить

груз 10 в противоположном направлении, чему препятствуют механизмы свободного хода 6 роликов 5.

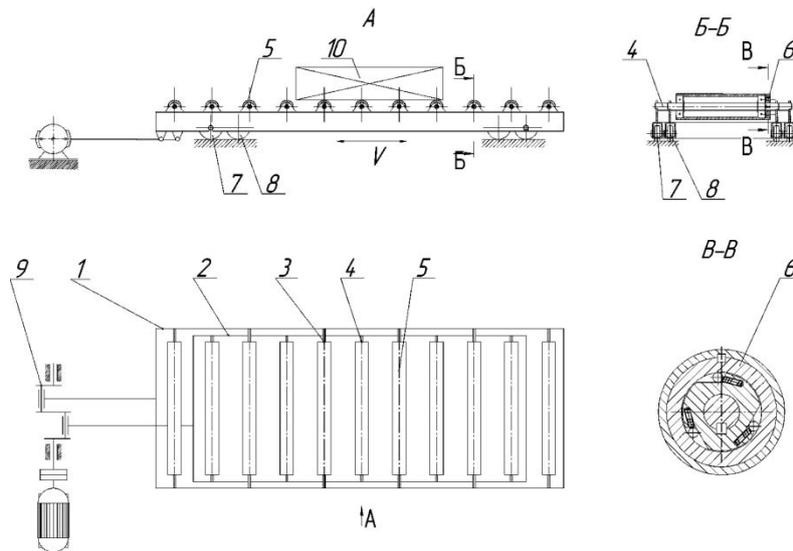


Рисунок 1 – Принципиальная схема двухсекционного инерционного роликового конвейера

Возникающая сила трения, между обечайкой ролика и грузом, вовлекает последний в совместное движение в сторону транспортирования. В этот же период времени, внутренняя секция движется в обратном направлении, а её ролики свободно обкатываются по опорной поверхности груза. При смене направлений движения секций, ролики наружной секции свободно обкатываются по опорной поверхности груза, а ролики внутренней секции вовлекают в совместное движение груз аналогично процессу описанному выше. Далее цикл повторяется.

Выполнение рамы в виде наружной и внутренней секции, движущихся в противофазе, позволяет пополнять кинетическую энергию грузу, что, в конечном счете, позволяет увеличить среднюю скорость транспортирования до максимальной скорости движения секций или близкой к ней, и снизить динамические нагрузки на привод.

Рассматривая механическая система (рис. 2) имеет три степени свободы. Обобщенными координатами системы примем углы поворота кривошипов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ , а также горизонтальное перемещение груза  $x_{гр}$ .

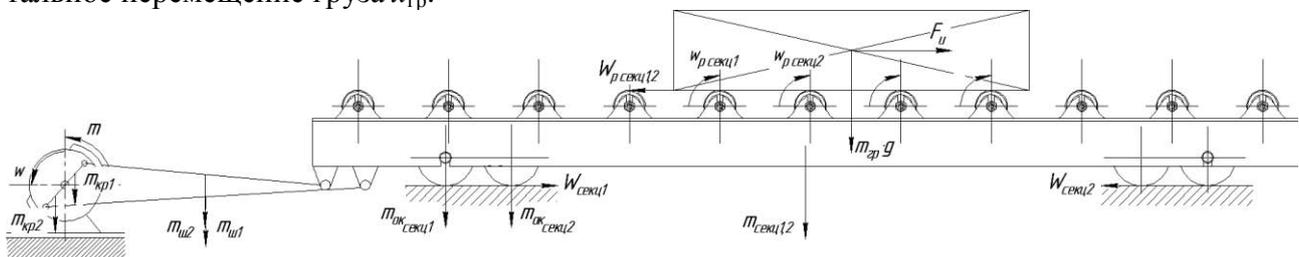


Рисунок 2 – Схема кинетических энергий системы

Для определения угловых ускорений кривошипов и линейного ускорения движения груза при работе конвейера составим систему уравнений Лагранжа второго рода:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{d\dot{\varphi}_1} \right) - \frac{dT}{d\varphi_1} = Q_{\varphi_1} \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{d\dot{\varphi}_2} \right) - \frac{dT}{d\varphi_2} = Q_{\varphi_2} \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{d\dot{X}} \right) - \frac{dT}{dX} = Q_X \end{cases} \quad (1)$$

где  $T$  – кинетическая энергия системы;

$\varphi_{1,2}$  – обобщенная координата соответственно наружной и внутренней секции;

$x$  – перемещение груза;

$Q_{\varphi_{1,2}}$  и  $Q_x$  – обобщенные силы соответственно наружной, внутренней секции и груза.

Кинетическая энергия системы включает:

$$T = \sum_{i=1}^{11} T_i \quad (2)$$

где  $T_1, T_2$  – кинетические энергии кривошипов;

$T_3, T_4$  – кинетические энергии шатунов;

$T_5, T_6$  – кинетические энергии наружной и внутренней секций;

$T_7, T_8$  – кинетические энергии роликов находящихся под грузом наружной и внутренней секций ;

$T_9, T_{10}$  – кинетические энергии опорных катков наружной и внутренней секций;

$T_{11}$  – кинетическая энергия груза.

Обобщенные силы системы определяются следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{\varphi_1} = \frac{m_1 - \frac{1}{2} \cdot A \cdot g \cdot (m_{kp1} + m_{ul1}) \cdot \cos \varphi_1}{A} - W_{сек1} \\ Q_{\varphi_2} = \frac{m_2 - \frac{1}{2} \cdot A \cdot g \cdot (m_{kp2} + m_{ul2}) \cdot \cos \varphi_2}{A} + W_{сек2} \\ Q_x = W_{Рсек1} + W_{Рсек2} \end{array} \right. \quad (3)$$

Подставив в виде:

$$V_{сек1} = A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \cos \varphi_1; V_{сек2} = -A \cdot \dot{\varphi}_2 \cdot \cos \varphi_2; V_{zp} = \dot{X}_{zp} \quad (4)$$

$$\omega_{p1} = \frac{V_{zp} - V_{сек1}}{R_{p1}} = \frac{\dot{X} - A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \cos \varphi_1}{R_{p1}}; \omega_{p2} = \frac{V_{zp} + V_{сек2}}{R_{p2}} = \frac{\dot{X} + A \cdot \dot{\varphi}_2 \cdot \cos \varphi_2}{R_{p2}} \quad (5)$$

2.  $W_{Ксек1} = W_{Ксек2}$ , а  $W_{Рсек1} = W_{Рсек2} = 2 \cdot m_{gp} \cdot g \cdot w_{zp}$  (т.к. груз расположен на двух роликах каждой секции, в кинематическом анализе  $Q = -4 \cdot m_{gp} \cdot g \cdot \square_{zp}$ ). Тогда, после упрощения получим:

Взяв производную по времени от частной производной кинетической энергии, учитывая обобщенные координаты:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{d\dot{\varphi}_1} \right) = I_{np} \cdot \ddot{\varphi}_1 - m_{P_{сек1}} \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1 - \frac{I_P}{2 \cdot R_P^2} \cdot 2 \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1 - \frac{I_P}{2 \cdot R_P^2} \cdot \ddot{X}_{zp} \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{d\dot{\varphi}_2} \right) = I_{np} \cdot \ddot{\varphi}_2 - m_{P_{сек2}} \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_2 \cdot \sin \varphi_2 - \frac{I_P}{2 \cdot R_P^2} \cdot 2 \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_2 \cdot \sin \varphi_2 + \frac{I_P}{2 \cdot R_P^2} \cdot \ddot{X}_{zp} \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{d\dot{X}} \right) = m_{zp} \cdot \ddot{X}_{zp} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2} \cdot \ddot{X}_{zp} + \frac{I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_2 \cdot \sin \varphi_2 - \frac{I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1 \end{cases} \quad (6)$$

После преобразований, получим:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{d\dot{\varphi}_1} \right) = I_{np} \cdot \ddot{\varphi}_1 - \left( m_{P_{сек1}} + \frac{I_P}{R_P^2} \right) \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1 - \frac{I_P}{2 \cdot R_P^2} \cdot \ddot{X}_{zp} \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{d\dot{\varphi}_2} \right) = I_{np} \cdot \ddot{\varphi}_2 - \left( m_{P_{сек2}} + \frac{I_P}{R_P^2} \right) \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_2 \cdot \sin \varphi_2 + \frac{I_P}{2 \cdot R_P^2} \cdot \ddot{X}_{zp} \\ \frac{d}{dt} \left( \frac{dT}{d\dot{X}} \right) = m_{zp} \cdot \ddot{X}_{zp} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2} \cdot \ddot{X}_{zp} + \frac{I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_2 \cdot \sin \varphi_2 - \frac{I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1 \end{cases} \quad (7)$$

Подставляем полученные выражения (7) и (5) в (1), получим:

$$\begin{cases} I_{np} \cdot \ddot{\varphi}_1 - \left( m_{P_{сек1}} + \frac{I_P}{R_P^2} \right) \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1 - \frac{I_P}{2 \cdot R_P^2} \cdot \ddot{X}_{zp} = \frac{m_1 - \frac{1}{2} \cdot A \cdot g \cdot (n_{kp1} + m_{u1}) \cdot \cos \varphi_1}{A} - W_{сек1} \\ I_{np} \cdot \ddot{\varphi}_2 - \left( m_{P_{сек2}} + \frac{I_P}{R_P^2} \right) \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_2 \cdot \sin \varphi_2 + \frac{I_P}{2 \cdot R_P^2} \cdot \ddot{X}_{zp} = \frac{m_2 - \frac{1}{2} \cdot A \cdot g \cdot (n_{kp2} + m_{u2}) \cdot \cos \varphi_2}{A} + W_{сек2} \\ m_{zp} \cdot \ddot{X}_{zp} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2} \cdot \ddot{X}_{zp} + \frac{I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_2 \cdot \sin \varphi_2 - \frac{I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1 = W_{P_{сек1}} + W_{P_{сек2}} \end{cases} \quad (8)$$

Складывая и решая относительно  $\ddot{X}_{гр}$  получим:

$$m_{zp} \cdot \ddot{X}_{zp} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2} \cdot \ddot{X}_{zp} + \frac{I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_2 \cdot \sin \varphi_2 - \frac{I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1 = -4 \cdot m_{zp} \cdot g \cdot w_{zp} \quad (9)$$

Учитывая, что секции конвейера совершают колебательное движение в противофазе по следующим гармоническим законам: при  $\ddot{\varphi}_2 = -\ddot{\varphi}_1$

$$A \cdot \ddot{\varphi}_2 \cdot \sin \varphi_2 = A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t) \quad (10)$$

$$A \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1 = -A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t) \quad (11)$$

После преобразований определено абсолютное ускорение груза:

$$a_{zp} = \frac{\frac{-2 \cdot I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t) - 4 \cdot m_{zp} \cdot g \cdot w_{zp}}{m_{zp} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}}, \quad (12)$$

Интегрируя уравнение с подстановкой начальных условий ( $\dot{X} = A \cdot \omega, t = 0$ ) найдена абсолютная скорость груза:

$$V_{zp} = \frac{\frac{-2 \cdot I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) - 4 \cdot m_{zp} \cdot g \cdot w_{zp} \cdot t}{m_{zp} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} + A \cdot \omega \cdot \left( 1 - \frac{\frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}}{m_{zp} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} \right), \quad (13)$$

Интегрируя уравнение с подстановкой начальных условий ( $X = 0, t = 0$ ) определено абсолютное перемещение груза:

$$S_{zp} = \frac{\frac{2 \cdot I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \sin(\omega t) - 4 \cdot m_{zp} \cdot g \cdot w_{zp} \cdot t^2}{m_{zp} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} + A \cdot \omega \cdot t \cdot \left( 1 - \frac{\frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}}{m_{zp} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} \right), \quad (14)$$

На основе полученной закономерности (14) изменения абсолютной скорости груза, построена диаграмма изменения абсолютной скорости груза и секций конвейера, представленная на рисунке 3:

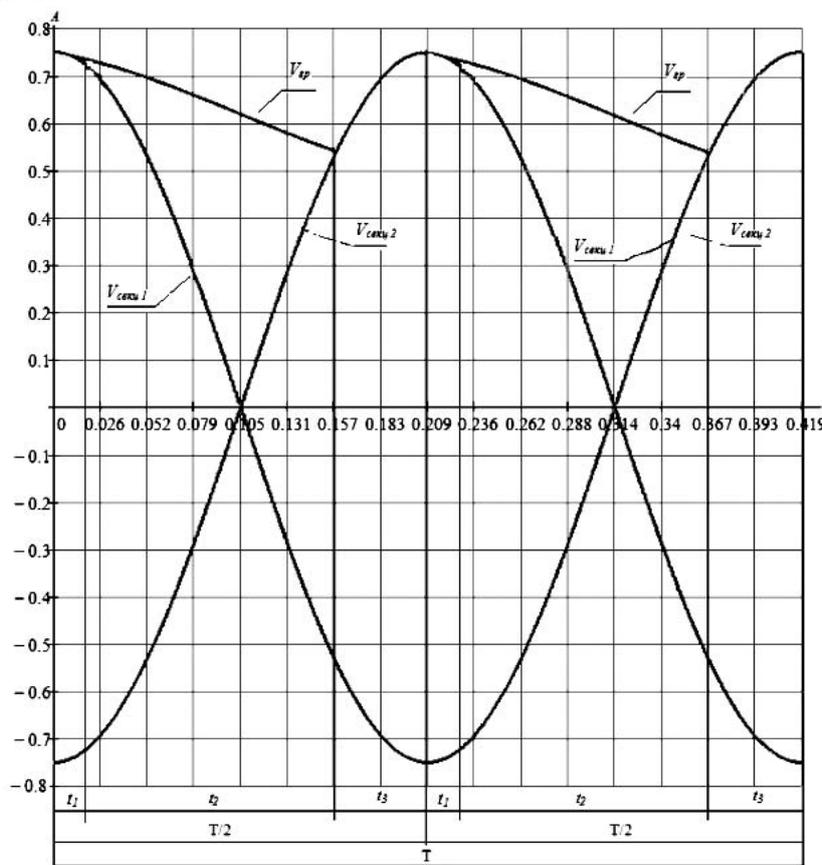


Рисунок 3 – Диаграмма изменения абсолютной скорости груза и секций конвейера  
 $t_1$  – время совместного движения груза и секции 1 конвейера (время на расклинивание);  
 $t_2$  – время относительного движения груза по конвейеру;  
 $t_3$  – время совместного движения груза и секции 2 конвейера

Определено время совместного движения, путем приравнивания  $V_{гр} = V_{1секц}$ :

$$V_{зп} = \frac{\frac{-2 \cdot I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t_1) - 4 \cdot m_{зп} \cdot g \cdot w_{зп} \cdot t_1}{m_{зп} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} + A \cdot \omega \cdot \left( 1 - \frac{\frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}}{m_{зп} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} \right) = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t_2) \quad (15)$$

Приняв, что  $t_1 = t_2 = t$ , определено:

$$V_{зп} = \frac{\frac{-2 \cdot I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) - 4 \cdot m_{зп} \cdot g \cdot w_{зп} \cdot t}{m_{зп} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} + A \cdot \omega \cdot \left( 1 - \frac{\frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}}{m_{зп} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} \right) = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \quad (16)$$

Разложив на составляющие  $\cos(\omega \cdot t)$  и, представив, как:

$$A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) \rightarrow A \cdot \omega - \frac{A \cdot \omega^3 \cdot t^2}{2} \quad (17)$$

Подставив (13) в (12) определили:

$$V_{зп} = \frac{\frac{-2 \cdot I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) - 4 \cdot m_{зп} \cdot g \cdot w_{зп} \cdot t}{m_{зп} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} + A \cdot \omega \cdot \left( 1 - \frac{\frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}}{m_{зп} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} \right) = A \cdot \omega - \frac{A \cdot \omega^3 \cdot t^2}{2} \quad (18)$$

Решая относительно  $t$  получим:

$$t_1 = \frac{a \sin\left(\frac{g \cdot w_{зп}}{A \cdot \omega^2}\right)}{\omega} \quad (19)$$

Определено время совместного движения, путем приравнивания  $V_{гр} = V_{2секц}$ :

$$V_{зп} = \frac{\frac{-2 \cdot I_P}{R_P^2} \cdot A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t_2) - 4 \cdot m_{зп} \cdot g \cdot w_{зп} \cdot t_2}{m_{зп} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} + A \cdot \omega \cdot \left( 1 - \frac{\frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}}{m_{зп} + \frac{2 \cdot I_P}{R_P^2}} \right) = -A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t_3) \quad (20)$$

Разложив  $\cos(\omega t_3)$  в ряд и решив относительно  $t_3$ , определено:

$$t_3 = \frac{\sqrt{8 \cdot A^2 \cdot I_p^2 \cdot \omega^4 + 6 \cdot A^2 \cdot I_p \cdot R_p^2 \cdot \omega^4 \cdot m_{cp} + A^2 \cdot R_p^4 \cdot \omega^4 \cdot m_{cp}^2 + 4 \cdot R_p^4 \cdot w_{cp}^2 \cdot g \cdot m_{cp}^2}}{m_{cp} \cdot R_p^2 + 2 \cdot I_p} - \frac{A \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 \cdot \omega^3 + 4 \cdot A \cdot I_p \cdot \omega^3}{\frac{4 \cdot R_p^4 \cdot w_{cp}^2 \cdot g^2 \cdot m_{cp}^2}{2 \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 + 4 \cdot I_p} - \frac{A \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 \cdot \omega^3 + 4 \cdot A \cdot I_p \cdot \omega^3}{A \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 \cdot \omega^3 + 4 \cdot A \cdot I_p \cdot \omega^3}} \quad (21)$$

Определено время относительного движения груза:

$$t_2 = \frac{\pi}{\omega} - t_1 - t_3. \quad (22)$$

Подставляя (20) и (21) в (22), получили:

$$t_2 = \frac{\pi}{\omega} - \frac{a \sin\left(\frac{g \cdot w_{cp}}{A \cdot \omega^2}\right)}{\omega} - \frac{\sqrt{8 \cdot A^2 \cdot I_p^2 \cdot \omega^4 + 6 \cdot A^2 \cdot I_p \cdot R_p^2 \cdot \omega^4 \cdot m_{cp} + A^2 \cdot R_p^4 \cdot \omega^4 \cdot m_{cp}^2 + 4 \cdot R_p^4 \cdot w_{cp}^2 \cdot g \cdot m_{cp}^2}}{m_{cp} \cdot R_p^2 + 2 \cdot I_p} - \frac{A \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 \cdot \omega^3 + 4 \cdot A \cdot I_p \cdot \omega^3}{\frac{4 \cdot R_p^4 \cdot w_{cp}^2 \cdot g^2 \cdot m_{cp}^2}{2 \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 + 4 \cdot I_p} - \frac{A \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 \cdot \omega^3 + 4 \cdot A \cdot I_p \cdot \omega^3}{A \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 \cdot \omega^3 + 4 \cdot A \cdot I_p \cdot \omega^3}} \quad (23)$$

Определено относительное ускорение груза на конвейере:

$$a_{cp}^{omn} = A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t_2) - \frac{4 \cdot m_{cp} \cdot g \cdot w_{cp} + \frac{2 \cdot I_p \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t_1)}{R_p^2}}{m_{cp} + \frac{2 \cdot I_p}{R_p^2}}. \quad (24)$$

Определены граничные параметры колебания обеих секций конвейера, при которых возможно движение груза без проскальзывания по роликам:

$$A \cdot \omega^2 \cdot \sin\left(\omega \cdot \left( \frac{\pi}{\omega} - \frac{8 \cdot w_{cp} \cdot g}{A \cdot \omega^2} - \frac{\left( \frac{\sqrt{8 \cdot A^2 \cdot I_p^2 \cdot \omega^4 + 6 \cdot A^2 \cdot I_p \cdot R_p^2 \cdot \omega^4 \cdot m_{cp} + A^2 \cdot R_p^4 \cdot \omega^4 \cdot m_{cp}^2 + 4 \cdot R_p^4 \cdot w_{cp}^2 \cdot g^2 \cdot m_{cp}^2}}{m_{cp} \cdot R_p^2 + 2 \cdot I_p} - \frac{4 \cdot R_p^4 \cdot w_{cp}^2 \cdot g^2 \cdot m_{cp}^2}{2 \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 + 4 \cdot I_p} \right)}{A \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 \cdot \omega^3 + 4 \cdot A \cdot I_p \cdot \omega^3} \right) - \frac{2 \cdot I_p \cdot A \cdot \omega^2 \cdot \sin\left( \frac{\sqrt{8 \cdot A^2 \cdot I_p^2 \cdot \omega^4 + 6 \cdot A^2 \cdot I_p \cdot R_p^2 \cdot \omega^4 \cdot m_{cp} + A^2 \cdot R_p^4 \cdot \omega^4 \cdot m_{cp}^2 + 4 \cdot R_p^4 \cdot w_{cp}^2 \cdot g^2 \cdot m_{cp}^2}}{m_{cp} \cdot R_p^2 + 2 \cdot I_p} - \frac{4 \cdot R_p^4 \cdot w_{cp}^2 \cdot g^2 \cdot m_{cp}^2}{2 \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 + 4 \cdot I_p} \right)}{A \cdot m_{cp} \cdot R_p^2 \cdot \omega^3 + 4 \cdot A \cdot I_p \cdot \omega^3} + \frac{4 \cdot m_{cp} \cdot g \cdot w_{cp}}{R_p^2} + \frac{2 \cdot I_p}{m_{cp} + \frac{2 \cdot I_p}{R_p^2}} \leq g \cdot f \quad (25)$$

Решая полученное неравенство относительно амплитуды  $A$ , получим:



Для обеспечения точности позиционирования определена минимальная средняя скорость движения груза:

$$V_{cp}^{\min} = \frac{\int_{\frac{\pi}{2\omega}}^{\frac{\pi}{\omega}} A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) dt}{2 \cdot \frac{\pi}{\omega}} + \frac{\int_{\frac{\pi}{2\omega}}^{\frac{\pi}{\omega}} A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) dt}{2 \cdot \frac{\pi}{\omega}} + \frac{\int_{\frac{\pi}{2\omega}}^{\frac{3\pi}{2\omega}} A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) dt}{2 \cdot \frac{\pi}{\omega}} + \frac{\int_{\frac{\pi}{2\omega}}^{\frac{2\pi}{\omega}} A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) dt}{2 \cdot \frac{\pi}{\omega}}. \quad (28)$$

Максимальная средняя скорость движения груза, в зависимости от амплитуды, определяется по выражению, путем подстановки в (27) выражения (26):

$$V_{cp}^{\max} = \frac{\int_0^{t1} A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) dt}{\frac{\pi}{\omega}} + \frac{\int_{t1}^{t2} \left[ \frac{\frac{2 \cdot I_p}{R_p^2} \cdot A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) - 4 \cdot m_{cp} \cdot g \cdot t \cdot w_{cp}}{m_{cp} + \frac{2 \cdot I_p}{R_p^2}} + A \cdot \omega \cdot \left( 1 - \frac{\frac{2 \cdot I_p}{R_p^2}}{m_{cp} + \frac{2 \cdot I_p}{R_p^2}} \right) \right] dt}{\frac{\pi}{\omega}} + \frac{\int_{t2}^{\frac{\pi}{\omega}} - A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t) dt}{\frac{\pi}{\omega}}. \quad (29)$$

На основании полученного выражения проведен численный анализ граничных параметров движения секций конвейера и построен график изменения амплитуды и частоты колебаний, когда выполняется движение груза без проскальзывания по роликам.

График изменения амплитуды и угловой скорости при фиксированных значениях массы груза, массы вращающихся частей роликов, приведенного коэффициента сопротивления движения груза по роликам и коэффициента трения представлен на рисунке 4.

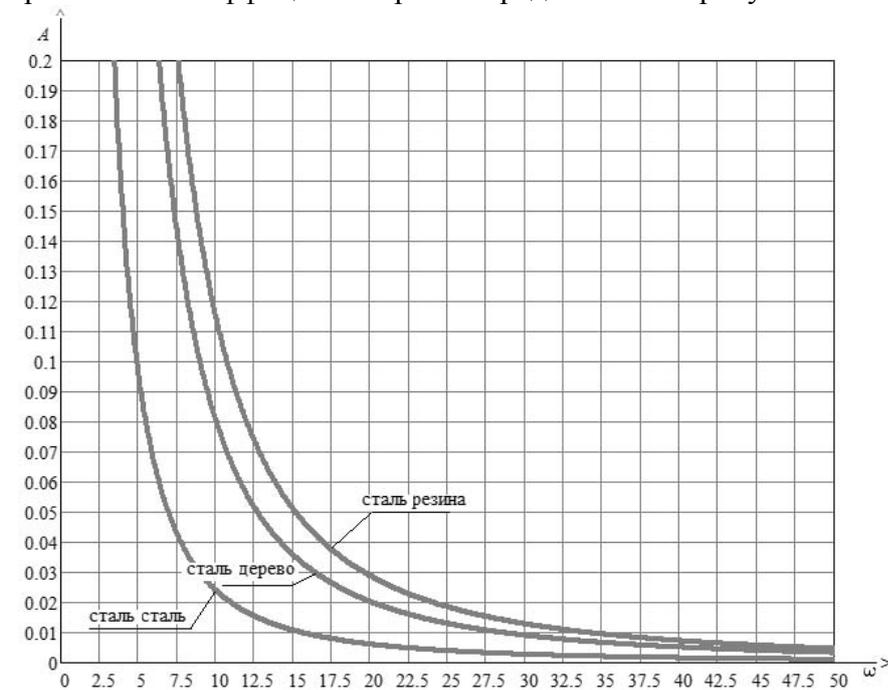


Рисунок 4 – Численный анализ граничных параметров движения секций

Численный анализ показал, что при  $A=5-50$  мм,  $\omega=5-15 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ,  $\square_{\text{зр}}=0.02$ ,  $f=0.2$  значение скорости лежит в пределах  $0.03 \div 0.51$  м/с.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе определена качественная картина процесса транспортирования штучных грузов с плоской опорной поверхностью запатентованной конструкцией двухсекционного инерционного роликового конвейера с определением закономерностей абсолютного и относительного движения груза при гармонических колебаниях в противофазе несущих плоскостей, оснащенных роликами с возможностью вращения в сторону транспортирования.

Установлены зависимости по определению рациональных параметров колебания секций, гарантирующие перемещение груза двухсекционным инерционным роликовым конвейером.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зенков, Р. Л. Машины непрерывного транспорта [Текст]: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Подъемно-транспортные машины и оборудование» / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 432 с.
2. Спиваковский, А. О. Транспортирующие машины [Текст]: Учеб. пособие для машиностроительных вузов / А. О. Спиваковский, В. К. Дьячков. – 2-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1968. – 504 с.
3. Козьмин, П. С. Машины непрерывного транспорта. Элеваторы, транспортеры и конвейеры [Текст]: Учеб. пособие для вузов. В 3-х ч. Ч.3. Транспортирующие устройства без тягового органа и вспомогательного устройства. ОНТИ / П.С. Козьмин. - 2-е изд., перераб. и доп. – 1936. – 271 с.
4. Лускань, О. А. Определение рациональных параметров инерционного роликового конвейера [Текст]: дис...канд. техн. наук. – Саратов, 2004. – 149 с.
5. Пискунов, Н. С. Дифференциальное и интегральное исчисления для вузов [Текст] / Н. С. Пискунов. – 13-е изд. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 560 с.

#### Кутейкин Вадим Иванович

БИТТИУ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., г.Балаково  
Адрес: 413840 г. Балаково, ул. Чапаева, 140  
Аспирант кафедры «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины»  
Тел.: +7(8453)444193  
E-mail: vadim-nata@yandex.ru

#### Лускань Олег Александрович

БИТТИУ (филиал) ФГБОУ ВПО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.», г.Балаково  
Адрес: 413840 г.Балаково, ул. Чапаева, 140  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины»  
Тел.: +7(8453)681221  
E-mail: cap248@yandex.ru

#### Барсуков Геннадий Валерьевич

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел  
Доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения и конструкторско-технологическая информатика»  
Тел. +7 (4862) 54 15 03  
E-mail: arshin721@yandex.ru

V. I. KUTEJKIN, O. A. LUSKANJ, G. V. BARSUKOV

## THE MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF TRANSPORTATION OF CARGOES ON INERTIAL ROLL CONVEYOR

*It was analyzing the speeds of moving the break-bulk cargo and flat surface of carriage by researching of two-sectional inertial roller conveyor and by applying theory of not free material system, the non-sliding conditions of cargo on the rollers and defining the most rational oscillation characteristics of the conveyor section.*

*Keywords: the break-bulk cargo; two-sectional inertial roller conveyor; maximal average speed; the amplitude; the oscillation frequency.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Zenkov, R. L. Mashiny nepreryvnogo transporta [Tekst]: Uchebnik dlya studentov vuzov, obuchayushchikh-sya po spetsial'nosti "Pod'emno-transportnye mashiny i oborudovanie" / R. L. Zenkov, I. I. Ivashkov, L. N. Kolobov. - 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Mashinostroenie, 1987. - 432 s.
2. Spivakovskiy, A. O. Transportiruyushchie mashiny [Tekst]: Ucheb. posobie dlya mashinostroitel'nykh vuzov / A. O. Spivakovskiy, V. K. D'yachkov. - 2-e izd., pererab. - M.: Mashinostroenie, 1968. - 504 s.
3. Koz'min, P. S. Mashiny nepreryvnogo transporta. Elevatory, transportery i konveyery [Tekst]: Ucheb. posobie dlya vtuzov. V 3-kh ch. CH.3. Transportiruyushchie ustroystva bez tyagovogo organa i vspomogatel'nogo ustroystva. ONTI / P.S. Koz'min. - 2-e izd., pererab. i dop. - 1936. - 271 s.
4. Luskan', O. A. Opredelenie ratsional'nykh parametrov inertsionnogo rolikovogo konveyera [Tekst]: dis...kand. tekhn. nauk. - Saratov, 2004. - 149 s.
5. Piskunov, N. S. Differentsial'noe i integral'noe ischisleniya dlya vtuzov [Tekst] / N. S. Piskunov. - 13-e izd. - M.: Nauka, Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury, 1985. - 560 s.

### **Kuteykin Vadim Ivanovich**

BITTIU (branch) FGBOU VPO «SGTU of a name of Gagarin Yu.A.», Balakovo  
Graduate student of chair «Hoisting-and-transport, construction and road cars»  
Address: 413840 g of Balakovo, Chapayev St., 140  
Tel.: +7(8453)444193  
E-mail: vadim-nata@yandex.ru

### **Luskan Oleg Aleksandrovich**

BITTIU (branch) FGBOU VPO «SGTU of a name of Gagarin Yu.A.», Balakovo  
Kandidate of Technical Sciences, Associate Professor «Hoisting-and-transport, construction and road cars»  
Address: 413840 g of Balakovo, Chapayev St., 140  
Tel.: +7(8453)681221  
E-mail: cap248@yandex.ru

### **Barsukov Gennady Valeryevich**

FGBOU VPO "State University - UNPK", Orel  
Doctor of Technical Sciences, Professor, "Manufacturing Engineering and Design Technology Computer Science"  
Tel.: +7(4862)541503  
E-mail: arshin721@yandex.ru

УДК 621.873/875(07)

Р. А. КОБЗЕВ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАПАСА ЭЛЕМЕНТОВ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ ВЫСОКИХ КЛАССОВ ОТВЕТСТВЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ АНАЛИЗА РИСКА ОТКАЗА

*Предлагается метод определения коэффициентов запаса для элементов кранов высоких классов ответственности на основании методов анализа риска отказа. Подобный подход позволит определять точное значение коэффициента запаса элемента, опираясь на статистику отказов подобных элементов, а также учитывать степень ответственности отдельного элемента и крана в целом.*

**Ключевые слова:** грузоподъемные краны, класс ответственности, коэффициент запаса, анализ риска, вероятность отказа, потенциальный ущерб.

При определении коэффициента запаса элементов грузоподъемных машин учитываются следующие факторы:

- группа классификации режима работы крана или механизма (согласно ИСО 4301),
- характер прикладываемой нагрузки (статическая, динамическая, знакопеременная и т.п.),
- степень ответственности элемента, т.е. влияние отказа рассматриваемого элемента на отказ всей системы,
- класс ответственности крана (согласно ГОСТ 28609-90).

Однако при этом отсутствует четкое математическое обоснование выбора того или иного значения коэффициента запаса в зависимости от перечисленных факторов. В Правилах устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов [1] приводятся рекомендации только относительно отдельных элементов, например грузовых канатов, при этом рекомендации эти учитывают влияние только первого из факторов.

Между тем, очевидно, что отказ того же грузового каната при монтаже сложных агрегатов, переносе тяжеловесов, транспортировании жидкого металла и других ответственных работах ведет к значительно большим экономическим, а в некоторых случаях и экологическим потерям, нежели отказ при выполнении рядовых подъемно-транспортных операций. При этом специальные грузоподъемные краны, выполняющие чаще всего работы с ответственными грузами, имеют, как правило, невысокую группу классификации режима работы (за исключением кранов металлургических производств), поскольку используются достаточно редко. Следовательно, если исходить только из требований приведенных выше Правил, коэффициент запаса для них будет выбран меньше, чем для обычного крана, но работающего в более напряженном режиме.

В результате сложившейся ситуации конструктор при назначении коэффициента запаса вынужден опираться на собственный опыт и здравый смысл.

С целью создания четкой математической модели, позволяющей учитывать помимо группы классификации режима работы и степень ответственности рассматриваемого элемента и крана целиком, предлагается при определении коэффициентов запаса проводить вероятностный анализ безопасности проектируемой конструкции с помощью методов анализа риска.

В качестве примера рассмотрим классический канатный строп типа 2СК (рис. 1.)

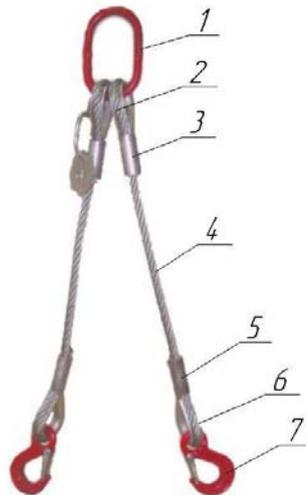


Рисунок 1 - Канатный строп 2СК

В качестве метода риск анализа используем логико-графический дедуктивный метод анализа дерева отказов, широко применяемый в нашей стране для вероятностного анализа безопасности технических систем [2, 3].

Структурно строп 2СК состоит из верхнего кольца 1 и двух гибких подвесок, каждая из которых включает в себя верхний коуш 2, верхнюю заделку каната 3, непосредственно сам канат 4, нижнюю заделку 5, нижний коуш 6, крюк 7.

Анализируя причинно-следственные связи, примем в качестве вершинного (исходного) события падение или неконтролируемое перемещение груза. К появлению исходного события может привести отказ как верхнего кольца, так и любой из подвесок. Обозначим риск отказа всего стропа  $Q(t)$ , риск отказа кольца  $Q_K(t)$ , риск отказа подвески  $Q_{II}(t)$ . К отказу подвески приводит отказ любого из приведенных выше элементов стропа, обозначаем отказ верхнего коуша 2 –  $Q_2(t)$ , верхней заделки каната 3 –  $Q_3(t)$ , каната 4 –  $Q_4(t)$ , нижней заделки 5 –  $Q_5(t)$ , нижнего коуша 6 –  $Q_6(t)$ , крюка 7 –  $Q_7(t)$ .

Графически это можно выразить с помощью следующего дерева отказов (рис. 2)

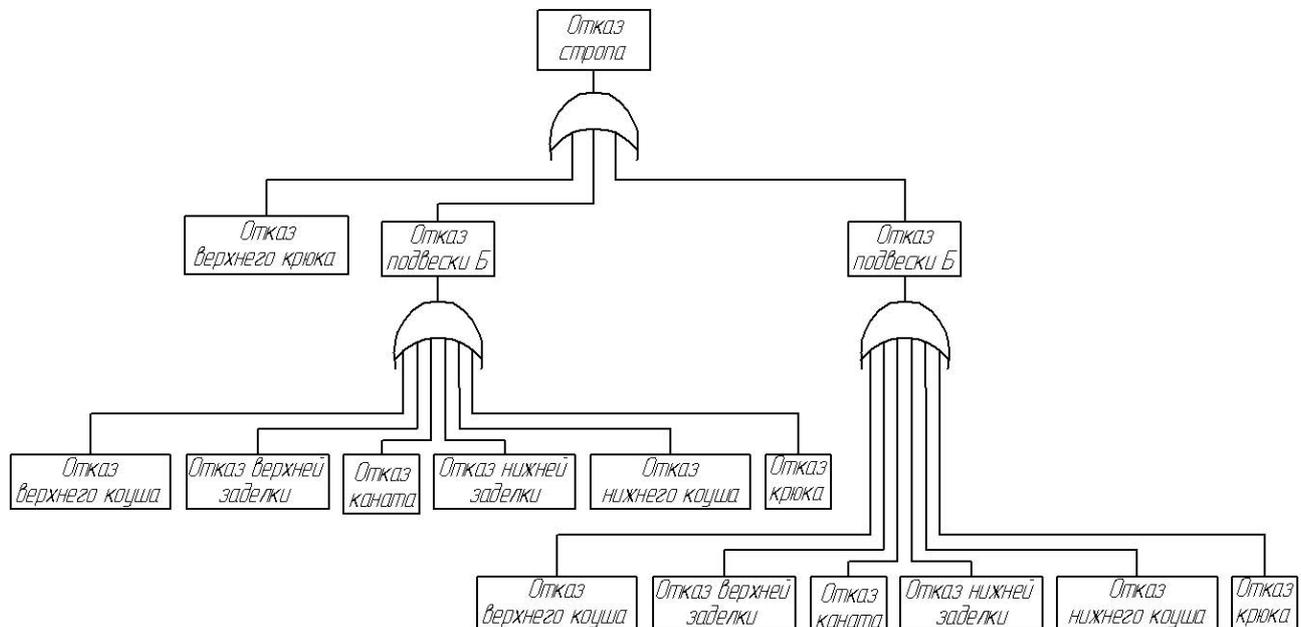


Рисунок 2 - Дерево отказов стропа 2СК

Математически это выразится в следующих зависимостях.

Предположим, что отказы всех рассматриваемых элементов стропа распространены во времени по потенциальному закону, что в принципе верно для большинства технических устройств.

Тогда риск отказа каждого из элементов

$$Q_i(t) = 1 - e^{-\lambda_i t}, \quad (1)$$

где  $\lambda_i$  – интенсивность отказа  $i$ -того элемента, которая определяется из статистических данных.

Риск отказа верхнего кольца

$$Q_K(t) = Q_1(t) = 1 - e^{-\lambda_1 t},$$

где  $\lambda_1$  – интенсивность отказа кольца.

Риск отказа одной подвески

$$Q_{II}(t) = Q_2(t) + Q_3(t) + Q_4(t) + Q_5(t) + Q_6(t) + Q_7(t).$$

Риск отказа всего стропа

$$Q_{II}(t) = Q_K(t) + 2 \cdot Q_{II}(t). \quad (2)$$

Полученное в результате значение риска отказа необходимо сравнить с неким предварительно принятым «пороговым» риском отказа  $[Q]$ , который должен назначаться исходя из класса ответственности рассматриваемой машины.

$$Q(t) \leq [Q]. \quad (3)$$

Следует отметить, что, так как интенсивность отказа определяется из статистических данных по отказам аналогичных или подобных элементов различных грузоподъемных машин работающих в разных условиях, в целом она верна для элемента, коэффициент запаса которого принимался по общепринятым в краностроении рекомендациям, к примеру, для стропов общепринятый коэффициент запаса равен 6 [1].

В случае, если общий риск отказа, полученный в результате ВАБ, превышает «пороговое» значение риска, необходимо или вносить изменения в конструкцию проектируемого устройства, или увеличивать коэффициенты запаса.

В первом случае возможно введение дополнительного резервирования для наиболее «слабых» по результатам ВАБ элементов.

В случае, если параллельно уже имеющемуся в конструкции  $i$ -тому элементу дополнительно добавить  $j$ -ый элемент с условием, что для появления опасного события необходим одновременный отказ обоих элементов, риск отказа сложившейся системы будет равен

$$Q(t) = Q_i(t) * Q_j(t) = (1 - e^{-\lambda_i t}) * (1 - e^{-\lambda_j t}). \quad (4)$$

В случае, если оба элемента идентичны, соответственно  $\lambda_i = \lambda_j$ , а выражение (4) принимает вид

$$Q(t) = 2 * Q_i(t) = (1 - e^{-\lambda_i t})^2.$$

Во втором случае, увеличение принятого изначально по общепринятым нормам в 2 раза по сути своей идентично добавлению дополнительного резервирующего элемента, то есть случаю рассмотренному выше.

Переходя от отдельно взятого частного случая к общему, введем понятие дополнительного коэффициента увеличения запаса и обозначим его  $k$ , при этом риск отказа рассматриваемого элемента составит

$$Q(t) = k * Q_i(t) = (1 - e^{-\lambda_i * t})^k . \quad (5)$$

В дальнейшем математическая задача сводится к определению показателей  $k$  исходя из условия соблюдения неравенства (3).

Первоначально необходимо выявить наиболее «слабые» элементы конструкции, имеющие наибольшую интенсивность отказа и, соответственно, наибольший риск отказа, после чего определить окончательные для них значения показателей  $k$ . Часто бывает, что риск отказа отдельного элемента уже превышает «пороговое» значение риска для всей системы.

В наиболее простом варианте имеется один «слабый» элемент, риск отказа которого повышает риск отказа всей системы. В этом случае необходимо решить следующее уравнение

$$Q(k) = [Q],$$

где  $Q(k)$  - есть функция общего риска отказа (2), раскрытая с учетом выражения (1) для всех элементов и с учетом выражения (5) для «слабого» элемента от показателя  $k$ .

В случае, если имеется два или несколько «слабых» элементов, мы получаем задачу с несколькими неизвестными. Для исключения лишних неизвестных и получения единственного решения зададимся условием, что риск отказа всех «слабых» элементов после введения дополнительного запаса должен быть одинаков. На практике это означает, что все «слабые элементы» элементы с большой вероятностью одновременно исчерпают свой ресурс и выйдут из строя. Безусловно это оптимизирует затраты металла на изготовление рассматриваемого устройства (в идеале, можно добиться одновременного выхода из строя абсолютно всех элементов системы, однако в этом случае для части элементов значение показателя  $k$  будет меньше 1, т.е. для некоторых из элементов необходимо будет занижать общепринятые коэффициенты запаса).

В итоге, для устройства с двумя «слабыми» элементами, имеющими индексы  $i$  и  $j$ , получим следующую систему уравнений

$$\begin{aligned} Q(k_i, k_j) &= [Q], \\ Q_i(k_i) &= Q_j(k_j). \end{aligned}$$

Аналогично может быть составлена система уравнений, имеющая одно решения для конструкций, имеющих любое число «слабых» элементов. При этом соответственно числу «слабых» элементов будет увеличиваться число уравнений системы. Если система уравнений не имеет решения, значит, было выявлено недостаточное количество «слабых» звеньев.

После определения показателей  $k$  для всех «слабых» элементов определяются окончательные коэффициенты запаса

$$z_i = k_i \cdot \bar{z}_i,$$

где  $[\bar{z}_i]$  – предварительно принятый для  $i$ -того элемента коэффициент запаса согласно существующим в краностроении нормам и рекомендациям.

Преимущества рассмотренного метода определения коэффициентов запаса в том, что он еще на стадии проектирования позволяет регулировать риск отказа проектируемой системы, причем на основании приведенной выше математической модели однозначно устанавливает точное значение коэффициента запаса для каждого из элементов конструкции, исходя из опыта эксплуатации аналогичных или подобных элементов в течении всего периода наблюдения и сбора статистики. При этом неизбежно учитываются все факторы, влияющие на выбор коэффициента запаса и перечисленные выше. Таким образом, используя данный метод, конструктор сможет при определении коэффициента запаса руководствоваться не только

собственным опытом, но и опытом, накопленным по результатам эксплуатации подобных устройств и сбора статистики отказов.

Необходимо признать, что точность метода существенно ограничивается недостатком имеющихся на сегодняшний день статистических данных по интенсивностям отказов элементов крановой техники, однако очевидно, что по мере накопления необходимого статистического материала, результаты использования данного метода будут непрерывно улучшаться.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ПБ 10-382-00. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов [Текст] // Промышленная безопасность при эксплуатации грузоподъемных кранов: сборник документов. – М.: Государственное предприятие Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2000. – Серия 10. Выпуск 7. – С.6-254.
2. Хенли, Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска [Текст] / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
3. РД 08-120-96. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов [Текст]. – М.: Госгортехнадзор России, 1996. – 12 с.

### **Кобзев Роман Анатольевич**

Балаковский институт техники технологии и управления

Адрес: 413800, г. Балаково, ул. Чапаева, 140

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины»

Тел.: +7(8453)44790

E-mail: kafpsm @ bittu.org.ru

---

R. A. KOBZEV

## **DEFINITION OF FACTOR OF THE STOCK OF ELEMENTS OF LOAD-LIFTING CRANES OF HIGH CLASSES OF RESPONSIBILITY WITH USE OF METHODS OF THE ANALYSIS OF RISK**

*The method of definition of factors of a stock for elements of cranes of high classes of responsibility on the basis of methods of the analysis of risk of refusal is offered. The similar approach will allow to define exact value of factor of a stock of an element, relying on statistics of refusals of similar elements, and also to consider degree of responsibility of a separate element and the crane as a whole.*

**Keywords:** *load-lifting cranes, responsibility class, factor of a stock, risk analysis, probability of refusal, potential damage.*

## **BIBLIOGRAPHY**

1. ПБ 10-382-00. Правила устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов [Текст] // Промышленная безопасность при эксплуатации грузоподъемных кранов: сборник документов. – М.: Государственное предприятие Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России, 2000. – Серия 10. Выпуск 7. – С.6-254.
2. Хенли, Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска [Текст] / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото. – М.: Машиностроение, 1984. – 528 с.
3. РД 08-120-96. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов [Текст]. – М.: Госгортехнадзор России, 1996. – 12 с.

### **Kobzev Roman Anatol'evich**

Balakovo Institute of Engineering Technology and Management

Address: 413800, Balakovo, st. Chapaeva, 140

Candidate technical sciences, associate professor, "Lifting-transport, construction and road machines"

Tel.: +7(8453)44790

E-mail: kafpsm@bittu.org.ru

М. И. ЖУКОВ, М. А. БУРНАШОВ

## СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ТРАВЕРС ДЛЯ ПОДЪЕМА И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ

*Подъемно-транспортное оборудование в настоящее время является одним из важных факторов производственного процесса, определяющих эффективность производства. При подъеме и перемещении грузов используются траверсы различных исполнений в зависимости от типа перемещаемого груза. Однако в настоящее время, остается проблемным перемещение крупногабаритных грузов со смещенным центром тяжести. Проанализированы типы существующих траверс, выявлены их достоинства, недостатки. Произведена систематизация траверс для подъема и перемещения крупногабаритных грузов. Анализ показал, что большинство применяемых в промышленности траверс для подъема и перемещения грузов не обеспечивают безопасный подъем и перемещение крупногабаритных грузов с неопределенным центром тяжести.*

*Научная новизна статьи: произведен структурный анализ грузозахватных приспособлений для подъема и перемещения крупногабаритных грузов в условиях ограничения высоты подъема. Рассмотрены достоинства и недостатки существующих типов траверс. Затронут проблемный и актуальный вопрос перемещения грузов со смещенным центром тяжести.*

*Ключевые слова: грузозахватные приспособления, траверса, траверса рамная, траверса линейная, крупногабаритный груз, груз со смещенным центром тяжести.*

Подъемно-транспортное оборудование является одним из важных факторов производственного процесса, определяющих его эффективность. Наиболее трудоемкими являются погрузочно-разгрузочные работы, которые занимают существенный объем в технологических процессах любого предприятия, склада, строительного объекта. Данный вид работ выполняются на всех этапах основных производственных процессов. Подъемно-транспортное оборудование – машины и механизмы, предназначенные для механизации и автоматизации работ при погрузке и выгрузке сырья и продуктов во время их приемки и хранения, перемещении внутри предприятия, транспортировки готовой продукции к месту реализации, выполнении монтажных и пусконаладочных работ по установке оборудования.

Стоимость, масса, эксплуатационная надежность подъемно-транспортных машин в значительной степени определяются их металлическими конструкциями [1]. При подъеме и перемещении крупногабаритных грузов используются траверсы различного исполнения. Траверса — это грузозахватное приспособление, используемое на подъемных кранах для работы с различными типами грузов. Траверса может использоваться для подъема длинномерных грузов и грузов, где возникают ограничения по высоте. Основное назначение траверс — предохранить поднимаемые элементы от воздействия сжимающих усилий, возникающих в них при наклоне стропов [3].

В настоящее время наиболее распространены типы траверс, представленные на рисунке 1.

При погрузочно-разгрузочных работах, при перемещении габаритных и хрупких грузов в условиях ограниченной высоты подъема применяются линейные траверсы, за одну точку подвеса (рис. 2). Траверса навешивается непосредственно на крюк крана. Используется для подъема и перемещения широкого перечня грузов, обеспечивает минимальные требования к высоте подъема. Недостатком является жесткое требование к центровке груза для предотвращения его перекосов при подъеме. При использовании траверсы данного типа, в момент перемещения каретки происходит раскачивание груза, что может повредить перемещаемый предмет. Применение траверс данного типа приводит к снижению скорости погрузочно-разгрузочных работ. Таким образом, применение траверс данного типа для перемещения грузов со смещенным центром тяжести недопустимо.

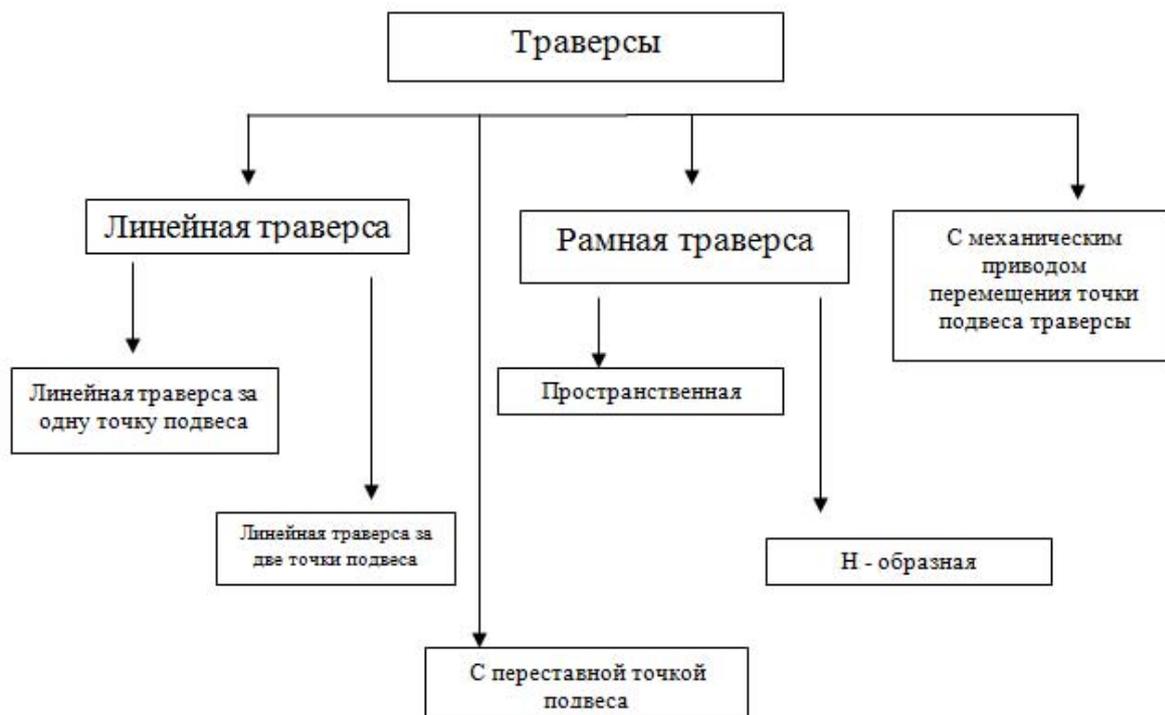


Рисунок 1 - Систематизация структурных схем траверс

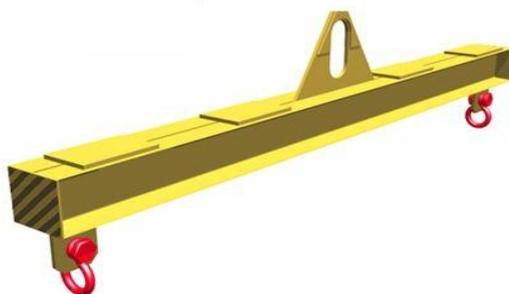


Рисунок 2 - Линейная траверса за одну точку подвеса

Линейная траверса за две точки подвеса (рис. 3) может использоваться для работы с грузами с незначительно смещенным центром тяжести поднимаемого груза, сдвинутого от оси точки подвеса. Гибкий тяговый орган исключает перевешивание груза на одну сторону при подъеме. Для навешивания на крюк грузоподъемного механизма необходимо использование дополнительного двухветвевго стропа. По сравнению с аналогичной линейной траверсой за одну точку подвеса металлоемкость данной траверсы меньше, что дает возможность поднимать груз массой близкой к грузоподъемности крана. Существенным недостатком такой траверсы является ее неустойчивость и сложность эксплуатации, при подъеме и перемещении грузов со смещенным центром тяжести, траверса будет отклоняться от линии горизонта, что не обеспечивает в достаточной мере сохранность поднимаемого груза. Так же при перемещении, не исключены колебания, возникшие при подъеме и опускании, которые могут повредить хрупкий груз, так как стропы весьма гибки. Использование траверсы данного типа существенно снижается полезная высота подъема.

Рамная траверса предназначена для перегрузки крупногабаритных и длинномерных грузов (рис. 4). Ее преимущество: четыре подвеса, которые позволяют надежно зафиксировать крупногабаритный груз и безопасно переместить его. Есть модели как с подъемом за центр, так и с подъемом за края. Рамные траверсы бывают пространственные и Н-образные.



Рисунок 3 - Линейная траверса за две точки подвеса



Рисунок 4 - Рамная траверса

Представленные виды траверс не дают возможности перемещать груз, со смещенным центром тяжести сохраняя при этом, груз параллельно линии горизонта. Однако существуют траверсы, подвесное звено которых представлено в виде гребенки с переставной точкой подвеса. Такой вид балансировки, существенно замедляет технологический процесс погрузо-разгрузочных работ. И шаг, на который сдвигается проушина, может не соответствовать необходимому для выравнивания груза.

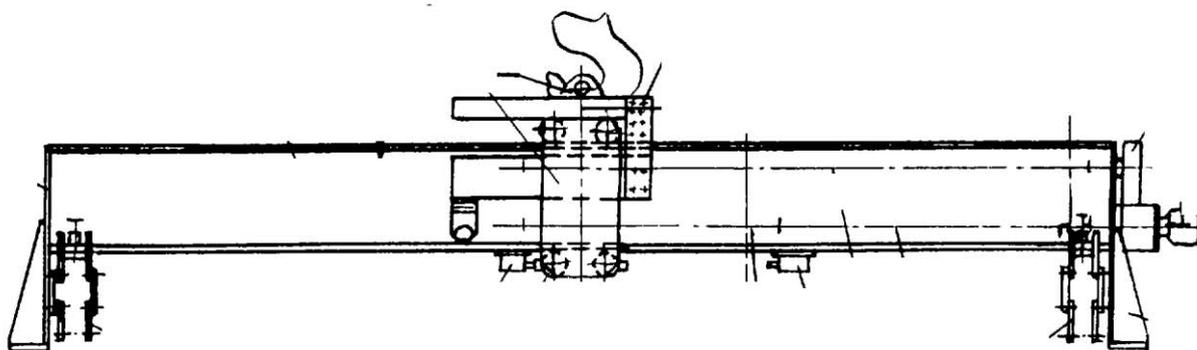


Рисунок 5 - Траверса с механическим приводом перемещения точки подвески траверсы

Из патентной литературы известна Траверса № 2225826, МКИ В66С 1/68. Предлагаемое изобретение относится к подъемно-транспортному оборудованию, в частности к устройствам, осуществляющим подъем и перемещение штучных грузов с неопределенным центром тяжести. Траверса, предназначена для перемещения грузов с неопределенным центром тяжести (рис. 5). Поставленная задача решается тем, что траверса, содержащая несущую балку, на которой установлены каретка, имеющая ролики и крюковую подвеску, механизм их перемещения, состоящий из основного винта с гайкой и промежуточного вала, соединенного с валом редуктора, и грузозахватные органы, снабжена дополнительным винтом, расположенным параллельно основному винту и соединенным со вторым валом редуктора, дополнительной гайкой, взаимодействующей с дополнительным винтом, противовесом, установленным на дополнительной гайке с возможностью перемещения относительно несущей балки, упомянутые винты выполнены с разным шагом резьбы.

Кроме того, противовес траверсы состоит из распорки и закрепленных на ней силовых щек, установленных на последних верхних и нижних грузах, выполненных, например, из мягкого тяжелого металла, центрального кронштейна, жестко связанного с распоркой, оснащенной опорными роликами, взаимодействующими с верхней частью несущей балки, и опорных кронштейнов с роликами, взаимодействующими с нижней частью несущей балки [2].

Однако представленная траверса имеет ряд недостатков. Определение местоположения каретки и центра тяжести поднимаемого груза осуществляет оператор. Находясь на расстоянии от поднимаемого груза, или при подъеме и опускании груза в труднодоступных местах и в условиях ограниченной видимости, пользуясь сигнальными знаками стоповщика,

применение данной траверсы нецелесообразно. Так же, высокая утомляемость оператора, приведет к снижению производительности.

Таким образом, большинство применяемых в промышленности траверс для подъема и перемещения грузов не обеспечивают безопасный подъем и перемещение крупногабаритных грузов с неопределенным центром тяжести или приводит к снижению производительности вследствие ручной перестановки подвесного звена траверсы и высокой утомляемости оператора. Следовательно, дальнейшее совершенствование конструкций траверс необходимо вести в области кинематики и автоматизации перемещения точки подвеса траверсы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вайсон, А. А. Подъемно – транспортные машины строительной промышленности [Текст]: атлас конструкций / А. А. Вайсон. – М.: Машиностроение, 1976 г.
2. Пат. 2225826 Российская Федерация, МКИ В66С 1/68.
3. Хальфин, М. Н. Грузозахватные приспособления и тара [Текст] / М. Н. Хальфин, А. А. Короткий, Б. Ф. Иванов. – Феникс, 2006. – 144 с. - ISBN 5-222-09033-7.

**Жуков Михаил Игоревич**

ФГБОУ ВПО «Госуниверситет — УНПК»

Адрес: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Аспирант кафедры «Подъемно-транспортные и строительные дорожные машины»

Тел.: +7(953)6146090

E-mail: Mixail.88@list.ru

**Бурнашов Михаил Анатольевич**

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК»

Адрес: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения и конструкторско-технологическая информатика»

Тел. +7(4862)541503

E-mail: arshin721@yandex.ru

---

M. I. ZHUKOV, M. A. BURNASHOV

### SYSTEMATIZATION ARMS FOR LIFTING AND TRANSPORTING BULKY CARGO

*Handling equipment is now an important factor in the production process, determining the efficiency of production. When lifting and moving of goods traverse are used in different versions depending on the type of transported goods. Currently, however, remains problematic move bulky cargo with a displaced center of gravity. Analysis of the existing traverse revealed their advantages, disadvantages. Produced ordering traverse to lift and move bulky cargo. The analysis showed that most used in industry for the traverse of lifting and handling do not provide a safe lifting and moving large loads with uncertain center of gravity.*

**Keywords:** *handling devices, traverse, frame traverse, linear traverse, large-size load, load with displaced center of gravity.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Vayson, A. A. Pod"emno - transportnye mashiny stroitel'noy promyshlennosti [Tekst]: atlas konstruktсий / A. A. Vayson. - M.: Mashinostroenie, 1976 g.
2. Pat. 2225826 Rossiyskaya Federatsiya, MKI V66S 1/68.
3. Hal'fin, M. N. Gruzozakhvatnye prispособleniya i tara [Tekst] / M. N. Hal'fin, A. A. Korotkiy, B. F. Ivanov. - Feniks, 2006. - 144 s. - ISBN 5-222-09033-7.

**Zhukov Michael Igorevich**

FGBOU VPO State University - UNPK

Address: g. Orel, 29, Naugorskoye Shosse st.

Postgraduate of "Hoisting and building road cars"

Tel.: +7(953)6146090

E-mail: Mixail.88@list.ru

**Burnashov Michael Anatolyevich**

FGBOU VPO "State University - UNPK"

Address: g. Orel, 29, Naugorskoye Shosse st.

Doctor of Technical Sciences, Professor, "Manufacturing Engineering and Design Technology Computer Science"

Tel. +7 (4862) 54 15 03

E-mail: arshin721@yandex.ru

УДК 629.083

Е. В. БОНДАРЕНКО, Р. Х. ХАСАНОВ, Е. С. СИДОРИН, В. С. ГОЛОВАНОВ

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С УЧЕТОМ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ**

*В статье обоснована актуальность темы статьи, представлены характеристика автотранспортного комплекса, статистика ДТП, результаты анализа причин ДТП, результаты распределения отказов элементов автомобилей, распределение отказов элементов электрооборудования автомобилей. Впервые представлен анализ причин отказов электрооборудования автотранспортных средств, определены актуальные вопросы системы диагностики, технического обслуживания и ремонта элементов электрооборудования автомобилей.*

*Ключевые слова:* автотранспортные средства, безопасность, электрооборудование, техническое состояние.

Автомобильный транспорт является «кровеносной артерией» экономики нашей страны. Развитие автотранспортного комплекса является непременным условием для функционирования хозяйства и жизни населения. Для обеспечения социально-экономического эффекта, обеспечения целостности и национальной безопасности в различных отраслях РФ необходима четко организованная и безопасная автотранспортная система [1].

Автотранспортный комплекс нашей страны за последние годы существенно изменился за счет увеличения количества автотранспортных средств, повышения доли автотранспорта в индивидуальном владении, незначительный рост улично-дорожной сети и т.п. Рассматривая составляющие этого комплекса, выделяют четыре основных элемента «человек-автомобиль-дорога-среда», где автотранспортные средства является наиболее опасными. Потенциальная опасность автомобилей обосновывается относительно большой массой, высокой скоростью передвижения, маневренностью, а также значительной долей человеческого фактора в управлении транспортным средством. Поэтому значимое количество ДТП в России (за 2010 год зарегистрировано 199 431 ДТП, в которых ранено 250 635 человек, погибло 26 567) более 80% определяется виной водителей. Примерно равные доли причин ДТП до 9% приходится на дорожные и природно-климатические условия. Так, до 1,5% ДТП произошло по причине технической неисправности автотранспортных средств, однако аналогичные причины ДТП в Европе зарегистрированы более чем в 12% случаев. Распределение ответственности между водителями, пешеходами и условиями движения определялось тем обстоятельством, что наличие технического талона о прохождении государственного технического осмотра характеризовало автотранспортное средство (АТС), как технически исправное. При этом, ДТП определяемый, как наезд на пешехода, составляет 40% случаев, столкновение двух и более автомобилей – 31,4%, переворачивание автомобилей – 13,3% [2].

Согласно анализа причин ДТП до 20% случаев можно было избежать за счет более совершенной конструкции автомобилей. Причем, анализ причин ДТП показал, что, учитывая прямую и косвенную связь обстоятельств и техническое состояние автомобилей, было определено возникновение 1,5% ДТП со стопроцентной вероятностью из-за технической неисправности АТС, до 13% ДТП с более чем восьмидесятью процентной вероятностью и до 25% ДТП с менее чем восьмидесятью процентной вероятностью [3].

В процессе эксплуатации техническое состояние АТС вследствие влияния естественного изнашивания, старения, деформации и коррозии деталей, узлов и агрегатов непрерывно изменяется. Каждая из этих причин в отдельности или в сочетании с другими может вызвать неисправность или отказ автомобиля, нарушающий его работоспособность и приводящий к

прекращению транспортной работы. Причины проявления отказов автомобиля, выявленные путем экспериментальных исследований и выраженные в процентах, выглядят следующим образом: на долю изнашивания приходится 40%, пластической деформации – 26%, усталостного разрушения – 18%, температурного разрушения – 12%, прочих – 4% [4].

Судя по анализу экспериментальных исследований, представленному на рисунке 1, в 20 веке структура распределения отказов характеризовалась в основном отказом механической составляющей автомобилей. Так, большая часть (до 25%) приходится на элементы тормозной системы автомобиля, на втором месте (до 23%) по отказам находится двигатель и его составные части, третье место принадлежит (до 18%) ходовой части, на четвертом месте находится электрооборудование (до 15%), далее – кузов (6%), рулевой механизм (5%) и подвеска (4%) [5]. Известно, что зачастую техническое состояние одного элемента предопределяет исправность всего агрегата или системы. Однако не всегда количественный показатель возникновения отказов элемента соответствует качественному параметру влияния на безопасность эксплуатации автотранспортного средства. Так, например, в автомобиле работоспособность электрооборудования выделяется значимой составляющей, которая выражается практически в каждом агрегате или системе. Соответственно неудовлетворительное состояние элемента электрооборудования влечет за собой неисправную работу, связанного с ним элемента другого агрегата.

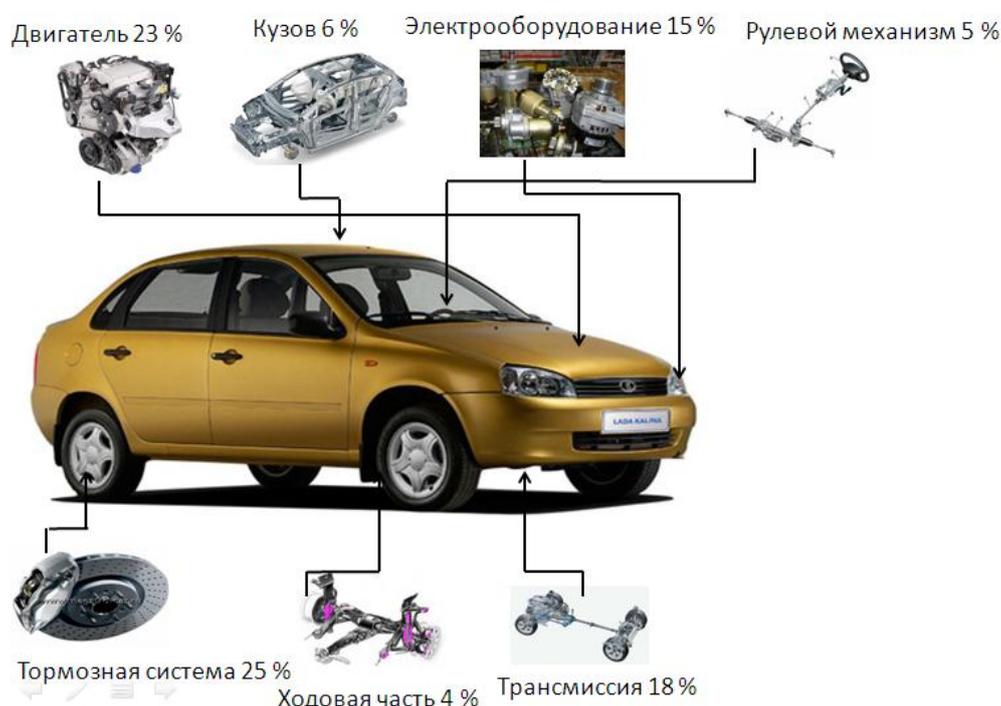


Рисунок 1 – Распределение отказов основных агрегатов и систем автомобилей

Активная безопасность, эксплуатационная надежность, экономичность, и экологические качества автомобиля в значительной степени определяются работой его электрооборудования. В настоящее время элементы электрооборудования автомобиля представляют собой сложную взаимосвязанную систему, включающую более 100 изделий, стоимость которой составляет примерно 30% стоимости автомобиля.

С точки зрения системного подхода электрооборудование автомобиля может быть представлено в виде ряда самостоятельных функциональных систем – электроснабжения, пуска, зажигания, освещения и сигнализации, информации и диагностирования, автоматического управления двигателем и трансмиссией и др. Кроме того, ряд изделий электрооборудования, например, стеклоочиститель, электродвигатели отопления, вентиляции, звуковые сигналы, радиооборудование, трудно отнести к какой-либо из систем. Поэтому все они могут

быть объединены и условно названы вспомогательным электрооборудованием. Суммарная длина электропроводки автомобиля достигает 600 м. Определенную сложность представляют прокладка проводов, объединение их в жгуты, построение принципиальных и монтажных схем.

Электрооборудование автомобилей постоянно и существенно изменяется. Генераторы переменного тока с бесконтактными электронными регуляторами напряжения практически полностью заменили генераторы постоянного тока с вибрационными регуляторами. Появились бесконтактные электронные и микропроцессорные системы зажигания и автоматического управления топливоподачей, необслуживаемые аккумуляторные батареи (АКБ). В системе пуска двигателя внутреннего сгорания активно используется стартер с редуктором. Существенно изменились светооптические приборы системы освещения и сигнализации, занимающие особое место в электрооборудовании автомобиля, так как эта система определяет безопасность дорожного движения. Значительно улучшилась информация водителя о режимах работы и состоянии узлов и агрегатов автомобиля, чему способствовало появление бортовой системы контроля и системы встроенной диагностики.

Продолжает расширяться применение электронных приборов и систем на автомобиле, которые включают элементы электроники: реле, контроллеры, регуляторы, датчики и др.

Применение электроники и микропроцессорной техники способствовало разработке систем автоматического управления двигателем и трансмиссией. В первую очередь это касается создания систем управления зажиганием и впрыском топлива, антиблокировочных систем тормозов, электронного управления коробкой передач, разработки маршрутного компьютера, системы блокировки дверей и др. Ведущие автомобильные фирмы разработали и внедряют интегрированные системы управления силовым агрегатом, электронные системы рулевого управления и управления четырьмя колесами. Находят применение активная подвеска, дисплеи на лобовом стекле, интегрированные информационно-диагностические системы. Основной тенденцией развития электронных систем следует считать создание комплексных многофункциональных систем управления и контроля.

Внедрение электронных устройств связано с созданием специальной элементной базы, так как условия работы изделий электрооборудования автомобилей специфичны, которые выражаются в широком диапазоне изменения температур (от -60 до + 125°C), вибрациях и подверженности агрессивному действию окружающей среды [4,5].

Кроме того, усложнение электрооборудования автомобилей имеет и отрицательную сторону, связанную с увеличением числа отказов. В современном автомобиле более 30% отказов приходится на электрооборудование. При наработке транспортным средством в среднем 300 тысяч км пробега из всех отказов агрегатов на элементы электрооборудования приходится примерно 12% отказов. Средняя трудоемкость устранения одного отказа составляет 0,7 чел-ч (до 17% от общего объема работ по ТО и Р), затраты на запасные части – до 7% от стоимости всех запасных частей автомобиля.

Анализ причин отказов электрооборудования автомобиля показал, что 25 % отказов приходится на стартер и систему зажигания автомобиля, 20 % отказов относятся к светосигнализирующему оборудованию, 16 % отказов зафиксировано у контрольно-измерительных приборов и генератора. При этом, следует отметить, что среди перечисленных наиболее нагруженными элементами электрооборудования считаются генератор, АКБ и стартер автомобиля [5].

Основными отказами генератора являются:

- обрыв в обмотке возбуждения генераторной установки или статорной обмотки из-за плохой пайки в местах соединений обмотки с контактными кольцами в первом случае и вследствие плохой зачистки от изоляции проводов, идущих к выводам, во втором случае;
- износ контактных колец и щеток при завершении срока эксплуатации или при эксплуатации транспорта в запыленной местности;

- межвитковые замыкания обмотки статора и ее замыкание на пластины железа статора из-за плохой межпазовой изоляции или в конце ресурса генератора при несоблюдении режима сварки пакета статора (пластины железа смещаются друг относительно друга) или нарушение технологии нанесения изоляции на лобовые части статора.

Основными отказами аккумуляторных батарей являются:

- ускоренный износ батареи, связанный с ее перезарядом или недозарядом из-за неисправности регулятора напряжения;

- саморазряд из-за старения батареи. При чередующихся зарядах и разрядах, которые постоянно происходят в процессе работы АКБ, положительная активная масса постепенно оплавляется, и ее количество, участвующее в химической реакции, уменьшается;

- окисление полюсных выводов, что может привести к разрыву цепи между аккумулятором и бортовой сетью.

В процессе эксплуатации у стартера наблюдаются следующие отказы:

- пробуксовка муфты свободного хода привода;

- износ или заклинивание шестерни привода в шлицевом соединении с валом;

- разнос коллектора и якоря, что наиболее характерно для стартеров со встроенным редуктором или в случаях заклинивания шестерни привода в зубьях маховика двигателя;

- короткое замыкание в обмотках реле или якоря стартера.

В автомобиле возникают следующие аварийные режимы работы электрооборудования [6]:

1) короткое замыкание;

2) устойчивое перенапряжение вследствие механических нарушений в работе регулирующих аппаратов (распределители, нарушение контактов в результате вибрации и т.д.);

3) кратковременное перенапряжение, возникающее при коммутации мощных электрифицированных механизмов и аппаратов (установка мощных нештатных аудиосистем, нарушение работы охранных систем и т.д.);

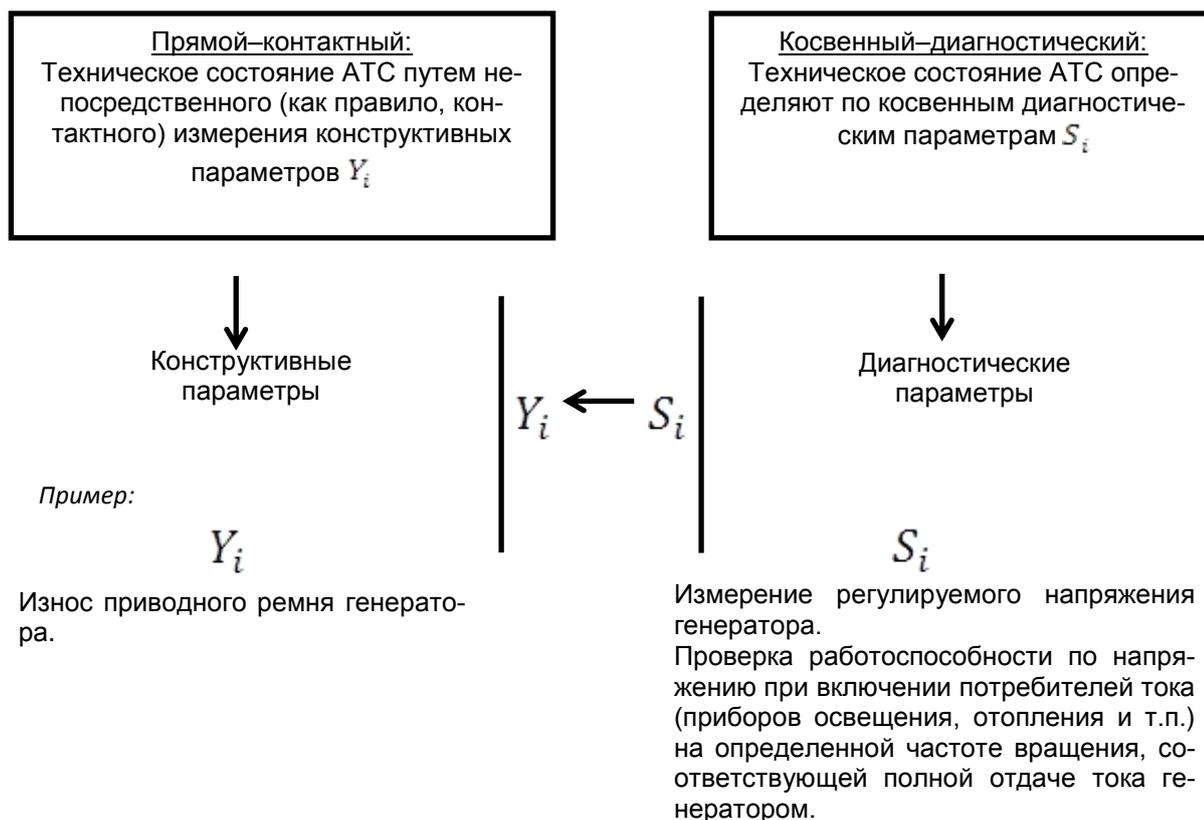
4) длительное коррозионное воздействие на контакты и электронные системы.

Однако, несмотря на улучшение эксплуатационных свойств автомобилей и анализ неисправностей и отказов элементов электрооборудования, система диагностирования (Д), технического обслуживания (ТО) и ремонта (Р) электрооборудования остается неизменной и включает в большей мере перечень работ, связанных с визуальным осмотром и очисткой элементов. Поэтому остро стоит проблема разработки методов и средств системы Д, ТО и Р с учетом технического состояния вновь внедренных заводом-изготовителем систем и узлов.

Как правило, первоочередной задачей в системе поддержания технической исправности автомобилей и его элементов является определение технического состояния, которое позволяет установить перечень необходимых технических воздействий. Техническое состояние АТС определяется, как текущим значением конструктивных параметров, так и значением косвенных, диагностических параметров элементов (уровень регулируемого напряжения, напряжение элементов системы под нагрузкой и т.д.). Существует два метода определения технического состояния: прямой и косвенный. Характеристики методов и их взаимосвязь на примере электрооборудования приведены на рисунке 2.

Приведенные примеры свидетельствуют, что, изменение конструктивного параметра может быть зафиксировано несколькими различными диагностическими параметрами, из которых целесообразно выбирать наиболее информативный.

В том случае, если современная система Д, ТО и Р используется для конкретного элемента (стартер, генератор, АКБ) имеются оборудование и разработанная технологическая документация определяющая перечень соответствующих работ по устранению неисправности. Если неисправность характеризуется изменением в основном физических величин не прямого назначения (например, температура контакта), которая, как следствие, приведет к отказу элемента или группы элементов электрооборудования, диагностическое оборудование может не зафиксировать ухудшение показателей.



*Рисунок 2 – Характеристика методов и их взаимосвязь.*

Одной из таких неисправностей является нагрев соединений контактной группы замка зажигания автомобилей семейства ГАЗель, что влечет к обесточиванию электрооборудования автомобиля, в том числе и во время движения, что снижает уровень активной безопасности АТС.

Контактная группа, осуществляет электропитание топливной системы, зажигания, модуля управления, стеклоочистителей, вентиляторов, обогревателей салона, обмоток реле, а также активных компонентов обратной связи (такие как датчик скорости) и других устройств. В процессе исследования различных типов замков, было зафиксировано подгорание скользящих контактов выключателя, распайка контакта, оплавление кембрика или изоляции проводки. Было установлено, что при включении нескольких потребителей электрической энергии контакты замка зажигания нагреваются до температуры 80 и более °С. Длительное температурное воздействие приводит к вышеописанным последствиям, а также к возгоранию.

Аналогичная ситуация наблюдалась при потере контакта при включении фары дальнего света автомобиля ВАЗ-11183 «Калина», где место соединения провода с клеммой лампы нагревалось до той же температуры.

Таким образом, в настоящее время автомобиль оснащен значимой функциональной системой – электрооборудованием, которое предопределяет работу автомобиля в целом. Однако система диагностирования, технического обслуживания и ремонта не всегда соответствует современным требованиям поддержания АТС в исправном состоянии. Поэтому задача по разработке новых и совершенствованию существующих организационно-технических мероприятий, направленных на повышение эксплуатационных свойств элементов электрооборудования, остается актуальной и своевременной.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хасанов, Р. Х. О взаимосвязи показателей безопасности автотранспортных средств [Текст] / Р. Х. Хасанов, О. В. Алеханов, В. А. Сологуб // "Прогрессивные технологии в транспортных системах": Сборник

докладов X Международной научно-практической конференции – Оренбург: ОГУ, 2011. – С. 78-81

2. Статистика ДТП по России // Официальный ресурс ГИБДД МВД РФ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gibdd.ru/>.

3. Гудков, В. А. Безопасность транспортных средств (автомобили) [Текст], учебное пособие / В. А. Гудков, Ю. А. Комаров, А. И. Рябчинский, В. Н. Федотов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2010. – 431с.: ил. Хасанов, Р. Х. Основы технической эксплуатации автомобилей [Текст], учеб. пособие / Р. Х. Хасанов. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 193с.

5. Хасанов, Р. Х. О повышении противопожарной безопасности автомобилей [Текст] / Хасанов Р.Х., Сидорин Е.С. // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. - № 10. – С.68-73.

6. Бондаренко, Е. В. О взаимосвязи противопожарной безопасности и параметров автомобилей технического состояния автомобилей [Текст] / Е. В. Бондаренко, Р. Х. Хасанов, Е. С. Сидорин, В. С. Голованов // Научно-технический журнал Госуниверситет УНПК «Мир транспорта и технологических машин». – 2011. - № 4 (35). – С. 73-80.

**Бондаренко Елена Викторовна**

Оренбургский государственный университет

Адрес: 460018, г. Оренбург, проспект Победы, 13

Д-р техн. наук, профессор кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей

Тел.: +7(3532)756399

E-mail: [tera@mail.osu.ru](mailto:tera@mail.osu.ru)

**Хасанов Рустем Халилович**

Оренбургский государственный университет

460018, г. Оренбург, проспект Победы, 13

Кандидат технических наук, доцент кафедры автомобилей и безопасности движения

Тел.: +7(3532)756399, +7(9128)485443

E-mail: [hasanov\\_r@mail.ru](mailto:hasanov_r@mail.ru)

**Сидорин Евгений Сергеевич**

Оренбургский государственный университет

460018, г. Оренбург, проспект Победы, 13

Аспирант кафедры автомобилей и безопасности движения

Тел.: +7(3532)756399, +7(9325)517397

E-mail: [xhxa7@mail.ru](mailto:xhxa7@mail.ru)

**Голованов Виталий Сергеевич**

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

460018, г. Оренбург, проспект Победы, 13

Аспирант кафедры автомобилей и безопасности движения

Тел.: +7(3532)756399, +7(9878)860498

E-mail: [mixadance1989@mail.ru](mailto:mixadance1989@mail.ru)

---

E. V. BONDARENKO, R. H. KHASANOV, E. S. SIDORIN, V. S. GOLOVANOV

## **SAFETY OF VEHICLES TAKING INTO ACCOUNT THE TECHNICAL CONDITION OF ELEMENTS OF ELECTRIC EQUIPMENT**

*In article the urgency of a subject of article is proved, the characteristic of a motor transportation complex, the statistician of road accident, results of the analysis of the reasons of road accident, results of distribution of refusals of elements of cars, distribution of refusals of elements of electric equipment of cars are presented. For the first time the analysis of causes of failures of electric equipment of vehicles is presented, topical issues of system of diagnosing, maintenance and repair of elements of electric equipment of cars are defined.*

**Keywords:** *vehicles, safety, electric equipment, technical condition.*

### **BIBLIOGRAPHY**

1. Khasanov, R. H. About interrelation of indicators of safety Vehicles / Khasanov R. H., Alekhanov O. V., Sologub V.A.// "Progressive technologies in transport systems": The collection of reports X the International scientific and practical conference – Оренбург: Regional public institution, 2011. – Page 78-81

**№ 2(37) 2012 (апрель–июнь) Безопасность движения и автомобильные перевозки**

2. Statistics of road accident on Russia//Official resource of traffic police of the Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.gibdd.ru/>.

3. Safety of vehicles (cars) [Text]/ V.A. Beeps, Y.A.Mosquito, A.I.Ryabchinsky, V. N. Fedotov. The manual for higher education institutions. – M: The hot line – the Telecom, 2010. – 431p.: silt.

4. Bases of technical operation of cars: studies. grant. / R.H. Khasanov. Orenburg: Regional Public Institution Public Educational Institution, 2004. – 193p.

5. Khasanov, R. H. About increase of fire-prevention safety of cars [Text] / Khasanov R. H., Sidorin E.S.//Messenger of the Orenburg state university. – 2011. - No. 10. – Page 68-73

6. Bondarenko, E.V. About interrelation of fire-prevention safety and parameters of cars of a technical condition of cars of [Text] / Bondarenko E.V., Khasanov R. H., Sidorin E.S., Golovanov V. S.//Scientific and technical State university UNPK magazine «World of transport and technological cars». – 2011. - No. 4 (35). – Page 73-80.

**Bondarenko Elena Viktorovna**

The Orenburg state university

Adress: 460018, Orenburg, the Victory prospectus, 13

Dr.Sci.Tech., the professor of chair of technical operation and car repairs

Tel.: +7(3532)756399

E-mail: [tera@mail.osu.ru](mailto:tera@mail.osu.ru)

**Khasanov Rustem Halilovich**

The Orenburg state university

Adress: 460018, Orenburg, the Victory prospectus, 13

Cand.Tech.Sci., the senior lecturer of chair of cars and traffic safety

Tel.: +7(3532)756399, +7(9128)485443

E-mail: [hasanov\\_r@mail.ru](mailto:hasanov_r@mail.ru)

**Sidorin Evgenie Sergeevich**

The Orenburg state university

Adress: 460018, Orenburg, the Victory prospectus, 13

The post-graduate student of chair of cars and traffic safety

Tel.: +7(3532)756399, +7(9325)517397

E-mail: [xxxx7@mail.ru](mailto:xxxx7@mail.ru)

**Golovanov Vitaly Sergeevich**

The Orenburg state university

Adress: 460018, Orenburg, the Victory prospectus, 13

The post-graduate student of chair of cars and traffic safety

Tel.: +7(3532)756399, +7(9878)860498

E-mail: [mixadance1989@mail.ru](mailto:mixadance1989@mail.ru)

**Продолжается подписка на журнал  
«Мир транспорта и  
технологических машин»**

*Подписной индекс журнала:*

*16376 («Пресса России»)*

*Подписка через редакцию:*

*(с любого месяца)*

*Информация о подписке на нашем сайте*

*[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

*Тел. +7 (4862) 43-48-90*

Д. Н. ТОРГАЧЕВ, О. И. МОРОЗОВА

## УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМ РАЗВИТИЕМ СОЦИАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

*Представлен комплекс рекомендаций по повышению эффективности управления инновационным развитием социального транспорта на основе реализации новых механизмов взаимодействия между исполнительными органами государственной власти, коммерческими структурами и неправительственными организациями*

**Ключевые слова:** инновации, социальный транспорт, экономика региона, транспортная инфраструктура, оптимизация управления

В Российской Федерации, как и в других развитых странах, транспорт является одной из крупнейших базовых отраслей хозяйства, важнейшей составной частью производственной и социальной инфраструктуры. Транспортная система обеспечивает условия экономического роста, повышения конкурентоспособности национальной экономики и качества жизни населения.

Реалии третьего тысячелетия требуют новых концепций социального развития, отражающих современные тенденции. При этом нельзя недооценивать роль социального транспорта, являющегося частью инфраструктуры экономики.

Города и органы власти сегодня имеют уникальную возможность заложить новые основы для следующего этапа экономического развития и создания материальных благ. С точки зрения городской мобильности это подразумевает предоставление приоритета развитию социального транспорта, а не строительству новых магистралей и поддержке автомобильной промышленности, дальнейшее развитие которой только усугубляет проблемы, с которыми сегодня мы сталкиваемся в наших городах.

В настоящее время социальная адаптация и формирование доступной среды жизнедеятельности людей с ограниченными физическими возможностями приобретает статус важнейшего национального приоритета. Складываются нормативно-правовые подходы в области обеспечения беспрепятственного доступа маломобильных граждан к объектам социальной инфраструктуры, формируется перечень оснащения и обустройства специальными приспособлениями и оборудованием объектов социальной, транспортной и инженерной инфраструктуры.

Существующая в настоящее время форма транспортного обслуживания «инвалидов» не отвечает нуждам, к примеру, людей, которым необходимо каждый день ездить на работу или в университет. Она также ограничивает социальную и общественную активность этих людей: они не могут поехать по делам, длительность которых трудно определить заранее, или просто навестить родственников и друзей. Следует особо заметить, что программы, направленные на организацию для людей, имеющих инвалидность, открытого доступа к образованию, обучению, трудовой деятельности и досугу пробуксовывают или превращаются в формальность только по причине недоступности архитектурной среды и транспорта. И сколько бы средств государство не выделяло на обеспечение интеграционных процессов в образовании и трудоустройстве, они всегда будут поглощаться проблемой доступности.

В этой связи «социальное такси» – как модель окружной транспортной структуры для обслуживания людей, имеющих инвалидность, является весьма перспективной, поскольку:

- позволяет отслеживать недостатки и быстро реагировать на возникающие проблемы;
- позволяет отработать технологию обслуживания на конкретном количестве пассажиров;
- позволяет прицельно использовать финансовую поддержку из местного бюджета и вести точный учет расходовемых средств в исчислении на социальную единицу;

- является локальной и позволяет выстроить легкую систему обслуживания и снизить тарифы;
- предусматривает активное участие в организации транспортного обслуживания местных общественных организаций;
- работает на укрепление социального партнерства между местными органами государственной власти и неправительственными организациями.

В Канаде в городе Саскатун транспортное обслуживание осуществляется Центром независимой жизни Abilities Council. Стоимость любой поездки вне зависимости от маршрута стоит один канадский доллар. Программа полностью финансируется за счет местного бюджета. Диспетчеризация компьютеризирована, все автомобили радиофицированы. В Швеции параллельно существуют частные предприятия, предлагающие услуги, и транспортные подразделения неправительственных организаций. Помимо этого, существующая система льгот на приобретение специально оборудованных автомобилей и микроавтобусов (государство оплачивает более 50% стоимости даже самого дорогого микроавтобуса, оборудованного автоматическими подъемниками и дистанционным управлением, для частного лица). Транспортное обслуживание в Ирландии осуществляется неправительственной организацией при поддержке муниципальных органов власти в рамках программы VANTASTIC. Микроавтобусы, оснащенные подъемными устройствами, создают для людей, имеющих проблемы с мобильностью, широкие возможности для социальной активности [1].

Однако следует отметить невозможность прямого переноса зарубежного опыта на российскую почву. Такая модель транспортного обслуживания является инновационной: она должна создаваться «с нуля» посредством развития особых механизмов взаимодействия между исполнительными органами государственной власти, коммерческими структурами и неправительственными организациями.

Кроме представленного инновационного направления развития социального транспорта можно выделить следующие.

На ярмарках выходного дня в некоторых городах начали работать передвижные лаборатории ветеринарно-санитарной экспертизы. Лаборатория укомплектована всем необходимым оборудованием для проведения ветеринарно-санитарной экспертизы пищевой продукции, сырья животного и растительного происхождения непромышленного изготовления с использованием экспресс-методов. В первую очередь инспекторы проверяют наличие обязательных сопроводительных документов. Если какой-то необходимой справки нет или по каким-то признакам реализуемый товар вызывает подозрения у дежурного инспектора передвижной лаборатории, то образцы товара тут же берут на анализ. Любой из покупателей ярмарки выходного дня может попросить дежурного инспектора передвижной лаборатории провести исследования того или иного продукта.

В нашей жизни постоянно возникают моменты, когда нужна оперативная медицинская помощь. Однако в последнее время, а особенно в мегаполисах, где огромное скопление автомобилей, добраться до больницы становится все сложнее и сложнее. Выход из подобной ситуации можно найти с помощью мобильной лаборатории. Она оснащена всевозможным медицинским оборудованием, огромным количеством лекарственных препаратов, а так же лабораторной посудой. Это все сделано специально, что бы оказать первую медицинскую помощь непосредственно на месте. Сейчас такие машины есть почти во всем мире, но оснащение у них у всех разное. Есть и медицинские лаборатории и пожарные и военные. Есть лаборатории специально оборудованные для борьбы с экологическими катастрофами, а есть просто научно-исследовательские.

В 2012 году по столичным улицам планируется пустить модернизированную передвижную лабораторию, позволяющую контролировать концентрацию вредных промышленных выбросов в городском воздухе. Предполагается, что это поможет властям более оперативно реагировать на жалобы жильцов домов, расположенных рядом с промышленными предприятиями, заставляя последних уменьшать объем выбросов. Передвижная лаборатория

будет представлять из себя микроавтобус голландского производства, соответствующий повышенным экологическим требованиям (например, такое авто может использовать топливо класса «Евро-4») и включающий мобильный переносной комплекс, позволяющий производить замеры воздуха в непосредственной близости от источника загрязнения. Более того, оборудование сможет проводить отбор проб непосредственно на месте и их экспресс-анализ – ранее такой возможности не было. Такой комплекс позволит проводить замеры в любом месте предприятия [2].

Одной из перспективных технологий направленных на инновационное развитие социального транспорта является использование «транспортной карты» – это комплекс организационно-технических решений по автоматизации учета и оплаты проезда в социальном транспорте.

«Транспортная карта» обеспечивает:

1) для транспортной отрасли:

- рост доходов транспортных организаций на 30 – 50 %;
- 100% компенсацию выпадающих доходов транспортных организаций за перевозку льготных категорий граждан;
- повышение эффективности пассажирских перевозок за счет точного маршрутного планирования и мониторинга пассажиропотока;
- получение детальных отчетов по всем аспектам транспортной работы и предоставлению льгот;
- автоматизацию всех направлений транспортной работы – переход на качественно новый уровень управления социальным транспортом.

2) для исполнительной власти города/региона:

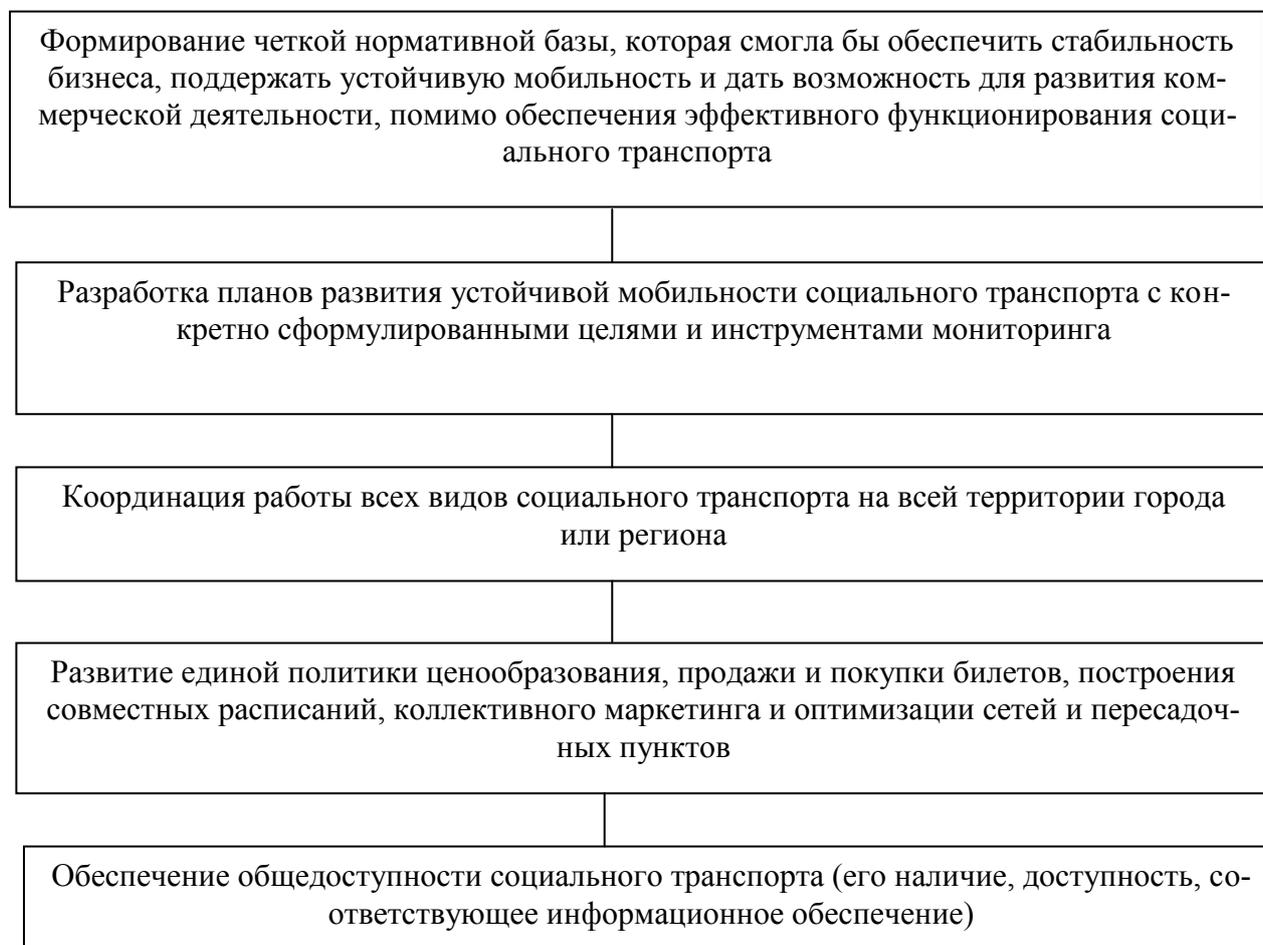
- фактический учет и адресное предоставление мер социальной поддержки во всех сферах предоставления социальных услуг;
- прозрачность финансовых потоков и контроль за целевым использованием бюджетных средств в сфере социальной поддержки населения;
- планирование и точное прогнозирование бюджетных расходов по фактическим показателям потребления услуг;
- гибкое тарифное регулирование и создание равных условий для ведения бизнеса всеми организациями не зависимо от форм собственности

Для предложения качественных решений по обеспечению мобильности в различных сегментах рынка социальный транспорт нуждается в четкой и прозрачной нормативно-правовой базе. На её основе все услуги, предлагаемые населению, будь то традиционные услуги по перевозке пассажиров или более широкий спектр современных услуг в области мобильности граждан, должны быть реализованы с постоянным мониторингом их качества и справедливым вознаграждением транспортным операторам [3]. В этой связи необходимо:

- дать возможность операторам развивать свою компетенцию, внедрять инновационные подходы и решения;
- внедрять новые модели управления, процессы и инструменты для достижения высокой производительности;
- использовать интегрированные модели управления, стратегические «дорожные карты» для обеспечения согласованности целей и действий, прозрачности и высокой мотивации персонала, высокой эффективности его труда;
- строить свою работу на контрактных отношениях с властями и поставщиками для определения и сбалансирования обязанностей, ответственности и рисков различных сторон;
- определять желаемый и достижимый уровни качества своей работы, прописывать в контрактах ясную систему бонусов и штрафных санкций для сторон контрактов;
- использовать кодексы этики, что позволяет повышать уровень осведомленности о социальной ответственности и прозрачности отношений.

**№ 2(37) 2012 (апрель–июнь) Безопасность движения и автомобильные перевозки**

Для удовлетворения экономических, социальных и экологических ожиданий и потребностей общества, различные виды социального транспорта должны функционировать скоординированно в рамках единой транспортной системы, при этом все участники рынка транспортного обслуживания должны придерживаться общей линии. План действий должен быть принят на уровне, который будет наиболее эффективным для местных условий, и может охватывать соседние регионы и административные образования. Без такого скоординированного подхода результаты не оправдают ожидания граждан, тем более что зоны мобильности часто выходят за рамки строгих административных границ (рис. 1).



**Рисунок 1 – Комплекс мероприятий, направленных на удовлетворение экономических, социальных и экологических ожиданий и потребностей общества в отношении социального транспорта**

Спрос на услуги социального транспорта постоянно растёт и дальше будет расти в большинстве стран мира, что объясняется процессами урбанизации, ростом цен на энергоресурсы и экологическими факторами. Более того, потребности в таких услугах будут меняться в сторону увеличения с изменением общественных привычек, стилей жизни и т.д.

Это требует дополнительных ресурсов на обучение персонала, разработку и внедрение инновационных технологий, создания полного портфеля услуг для пассажиров и многого другого. Обеспечение дополнительных ресурсов на системной основе имеет важное значение для дальнейшего развития и совершенствования социального транспорта и для поддержания и развития услуг в долгосрочной перспективе.

Вместе с тем, увеличение нагрузки на государственные и местные бюджеты в последние десятилетия привело к недостаточности финансирования транспортного парка и инфраструктуры. Чрезмерная зависимость от государственной казны может подорвать развитие этого сектора.

Альтернативные финансовые потоки и частные инвестиции во всё большей степени признаются в качестве незаменимых источников финансирования. Сделать сектор более эффективным по критерию «затраты-эффективность» и повысить его финансовую привлекательность для инвесторов поможет реализация более коммерческих подходов к предоставлению услуг и ценообразованию (разумеется, без ущерба для социальной политики). В этой связи необходимо:

- использовать новейшие подходы для демонстрации важности инвестиций в социальный транспорт и убеждать все заинтересованные стороны, включая частных инвесторов, в необходимости позиционирования общественного и социального транспорта как сильного и стабильного сектора экономики, привлекательного для долгосрочных инвестиций;
- оказывать поддержку такой стратегии развития, которая облегчит доступ к финансированию, способствовать разработке и принятию адекватных налоговых норм и стандартов бухгалтерского учета;
- использовать новые источники дохода от диверсификации транспортных услуг и повышать доходы от традиционных видов деятельности;
- вкладывать капиталы в инновационные технологии, которые ведут к повышению качества услуг и/или сокращению расходов.
- совершенствовать подвижной состав социального транспорта, снижая стоимость его жизненного цикла;
- принимать активное участие в проектах, осуществляемых в рамках частно-государственного партнёрства.

Таким образом, социальный транспорт содействует глобальному и локальному развитию общества в плане экономики, защиты окружающей среды и решения социальных задач. По мере роста критики современной структуры потребления в обществе социальный транспорт перемещается на передний край тех революционных преобразований, в которых всё больше нуждаются наши города. Более чем когда-либо социальный транспорт становится одним из важных источников поддержки местной экономики в её устойчивом, экологически чистом развитии, обеспечения её рабочей силой.

Традиционный подход к социальному транспорту, опирающийся на эксплуатационную составляющую работы транспортных предприятий и решение ими важных социальных задач, дополняется появлением разнообразных инновационных бизнес-моделей, которые должны способствовать привлечению предпринимателей, капиталов и воспитывать талантливых управленцев.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ким, Е. Н. Социальный проект «Доступный транспорт» <http://www.contacts-1.ru>.
2. Торгачев, Д. Н. Модернизация и технологическое развитие экономики региона [Текст] / Д. Н. Торгачев // Актуальные проблемы совершенствования законотворческой деятельности в условиях модернизации экономики, проведения активной социальной политики и реформирования политической системы общества: Материалы научно-практической конференции.– Орел: Издательство редакции журнала «Образование и общество», 2010. – С. 40-46.
3. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р.

**Торгачев Дмитрий Николаевич**  
ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»  
Адрес: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе 40, к. 808  
Канд. эконом. наук, доцент  
Тел.: +7(4862)419565  
E-mail: d\_torgachev@mail.ru

**Морозова Ольга Ивановна**  
ФГБОУ ВПО «Государственный университет-УНПК»

Адрес: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе 40, к. 808

Канд. эконом. наук, доцент

Тел.: +7(4862)419565

E-mail: 777olia09@mail.ru

---

D. N. TORGACHEV, O. I. MOROZOVA

## THE MANAGEMENT OF THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE SOCIAL TRANSPORT AT THE REGIONAL LEVEL

*The complex of recommendations about management efficiency increase by innovative development of social transport on the basis of realization of new mechanisms of interaction between government executive powers, commercial structures and the non-governmental organizations is presented.*

**Keywords:** *innovations, social transport, region economy, a transport infrastructure, management optimization.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Kim, E. N. Sotsial'nyy proekt "Dostupnyy transport" <http://www.contacts-1.ru>.
2. Torgachev, D. N. Modernizatsiya i tekhnologicheskoe razvitie ekonomiki regiona [Tekst] / D. N. Torgachev // Aktual'nye problemy sovershenstvovaniya zakonotvorcheskoy deya-tel'nosti v usloviyakh modernizatsii ekonomiki, provedeniya aktivnoy sotsial'noy politiki i reformirovaniya politicheskoy sistemy obshchestva: Materialy nauchno-prakticheskoy kon-ferentsii. - Orel: Izdatel'stvo redaktsii zhurnala "Obrazovanie i obshchestvo", 2010. - S. 40-46.
3. Transportnaya strategiya Rossiyskoy Federatsii na period do 2030 goda. Utverzhde-na rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii ot 22 noyabrya 2008 g. № 1734-r.

#### **Torgachev Dmitry Nikolaevich**

FGBOU VPO State University-UNPK

Cand.Econ.Sci., the senior lecturer

Adress: 302020, Orel, Naugorsky highway 40, to. 808

Tel.: (4862)419565

E-mail: d\_torgachev@mail.ru

#### **Morozova Olga Ivanovna**

FGBOU VPO State University-UNPK

Cand.Econ.Sci., the senior lecturer

Adress: 302020, Orel, Naugorsky highway 40, to. 808

Tel.: +7(4862)419565

E-mail: 777olia09@mail.ru

*Продолжается подписка на журнал  
«Мир транспорта и  
технологических машин»*

*Подписной индекс журнала:*

*16376 («Пресса России»)*

*Подписка через редакцию:*

*(с любого месяца)*

*Информация о подписке на нашем сайте*

*[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

*Тел. +7 (4862) 43-48-90*

УДК 74.584.31

Г. В. БУКАЛОВА

## ОБЪЕКТЫ И ФУНКЦИИ НОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

*Автором анализируется проблема научной обоснованности объектов образовательного нормирования и определения функций совокупной образовательной нормы, представляемой компетентностной моделью результата профессионального образования.*

**Ключевые слова:** *объекты образовательного нормирования, функции образовательной нормы, профессиональная компетентность, компетентностная модель.*

Современная философская традиция рассматривает объект как производное от деятельности субъекта. Однако действие субъекта не может быть произвольным, т.к. именно объектом обуславливается его деятельность. Отсюда представляется справедливым вывод о том, что познание закономерностей объекта необходимо для обеспечения согласованности с ним деятельности субъекта [1]. Экстраполируя это положение на проблему образовательного нормирования, можно отметить, что для достижения оптимальности содержания компетентностной модели выпускника вуза, выполняющей роль совокупной нормы результата профессиональной подготовки, необходимо выявление характеристик *объектов* образовательного нормирования. Исходным положением для данного рассмотрения служит системная сущность компетентностной модели как совокупной образовательной нормы.

К объектам образовательного нормирования можно отнести образовательные потребности обучающихся и потребности конкретной сферы производства в трудовых ресурсах, востребованного уровня профессиональной компетентности. Интегрирование указанных потребностей дает возможность конкретизировать объекты образовательного нормирования посредством целей, ценностей, содержания образования и его результатов.

Совокупная образовательная норма по отношению к образовательному процессу выступает элементом его целевой ориентации. В рассматриваемом аспекте образовательного нормирования цели профессионального образования можно представить как совокупность целей профессионального и личностного развития обучающихся. Значимость образовательных норм, как совокупного носителя целей образования подчеркивает положение общей теории системологии о том, что цель системы представляет собой ее концентрированную энергетiku. Также указывается, что именно цель функционирования системы обуславливает ее стремление к сохранению своей целостности и определяет суть системных изменений. Содержание образовательных норм детерминируется целями образования, такими как освоение профессиональной деятельности, подготовка к участию в развитии научно-технического прогресса, всестороннее развитие личности, формирование направленности личности на самореализацию в условиях конкретной производственной деятельности, освоение профессиональной культуры т. п. Таким образом, становится очевидным положение о том, что образовательные цели – это генерализованный объект нормирования результата профессионального образования.

Образовательные нормы в своей совокупности выступают как специфический системный феномен, отражающий социальный заказ системе профессионального образования со стороны профильной сферы производства и общества в целом. Цели профессиональной подготовки обуславливают системность образовательного процесса, а в силу этого обеспечивают ориентацию педагогической деятельности в области подготовки трудовых ресурсов соответствующей сферы производства. Обеспечение возможности самореализации личности обучающегося в его будущей трудовой деятельности посредством формирования в ходе обу-

чения в вузе соответствующей профессиональной компетентности – одна из основных образовательных целей. Успешность реализации этой цели для выпускника вуза технического профиля в значительной степени определяется соответствием содержания его профессиональной подготовки требованиям профильной сферы производства [2]. Учитывая, что содержание образования, следовательно, и его результат – профессиональная компетентность, детерминирована образовательными целями, совокупная образовательная норма как носитель образовательных целей наряду с обще-профессиональными требованиями непременно должна отражать и требования к подготовке выпускников вуза региональной сферы профильного производства.

Объект образовательного нормирования, в котором выражены этические ориентации образовательного процесса, представляется посредством *ценностей профессионального образования*. С позиции складывающейся современной парадигмы образования, ценности профессионального образования включают в себя следующие составляющие: приоритетность общечеловеческих ценностей жизни и развития личности; направленность на этические ориентации профессионального сообщества (коммуникативную культуру производственных отношений, профессиональную ответственность и т.д.); установку на профессиональную идентификацию; формирование мировоззрения обучающихся в соответствии с этическими ориентациями, обеспечивающими успешную интеграцию их в профессиональное сообщество.

Основное содержание профессиональной подготовки – объект образовательного нормирования, в наибольшей степени определяющий результат образования, следовательно, и определяющий уровень компетентности выпускника вуза. В качестве объекта нормирования основное содержание образования выражает когнитивный план образовательного процесса, обеспечивающий достижение целей и ценностей профессиональной подготовки. В случае рассмотрения пары диалектических категорий «содержание - форма» можно отметить, что в качестве формы по отношению к содержанию образовательных норм выступает компетентностная модель выпускника вуза. Особенность основного содержания образования как объекта нормирования состоит в наибольшей подверженности изменениям, согласующимся с изменениями в производственной сфере, соответствующей профилю профессиональной подготовки выпускника вуза. Совокупная образовательная норма посредством конкретных компетенций выпускника вуза способна отразить существенные параметры данного объекта нормирования.

Потенциал самореализации личности в производственной деятельности в рамках профессиональной культуры, морали и ответственности также признается результатом профессионального образования [3], элементом профессиональной компетентности выпускника вуза, а, следовательно, - объектом образовательного нормирования. Овладение общекультурными и профессиональными компетенциями, а также фрагментами производственного опыта на уровне учебно-производственной деятельности – все это в совокупности отражает элементы результата профессионального образования и, соответственно, может быть принято в качестве совокупного объекта его нормирования. Особенность данного нормируемого объекта состоит в том, что он призван отразить социальный заказ к системе профессионального образования со стороны профильной сферы производства.

Таким образом, результат профессионального образования, как *обобщенный объект* образовательного нормирования, может быть представлен в виде совокупности следующих элементов: когнитивных, мотивационных, деятельностных, интеллектуальных, коммуникативных, ценностно-смысловых и социально-поведенческих, определяющих компетентность выпускника вуза.

Функции, выполняемые образовательными нормами, обуславливают их роль в процессе профессиональной подготовки выпускника вуза. Эти функции проявляются как направленные воздействия на субъекты образовательного процесса подготовки по данному направлению (специальности) [4]. Ценности профессионального образования с позиции обу-

чающегося и с позиции сферы производства соответствующего профиля выражаются контекстом образовательных целей и задач. Представление же пользователей образовательными нормами о целях и ценностях профессионального образования могут различаться в силу того, что для каждого из них характерна своя шкала ценностей. Например, сферой производства ставятся задачи обеспечения экономической результативности деятельности выпускника вуза, его нравственной эффективности, проявляющейся при выполнении производственных заданий. Со стороны обучающегося – это достижение готовности к самореализации в производственной деятельности. Со стороны общества – обеспечение высокой социальной эффективности выпускника вуза как гражданина. Таким образом, можно отметить, что образовательная цель подготовки по специальности (направлению) имеет интегрированный характер. Следовательно, совокупная образовательная норма, как отражение профессиональной компетентности выпускника вуза, призвана представить сбалансированную интегративную образовательную цель подготовки по данной специальности (направлению). По результатам диагностирования степени достижения этой интегративной цели возможно осуществление оптимизирующего воздействия на образовательный процесс. Основой выбора содержания оптимизирующих воздействий также может быть совокупная образовательная норма. Таким образом, образовательные нормы обеспечивают регулирование и управление образовательным процессом. Следовательно, можно утверждать, что совокупная образовательная норма результата профессиональной подготовки осуществляет организационно-управленческую функцию. Необходимо заметить, что это принципиально новый механизм управления в системе профессионального образования технического профиля.

Организационно-управленческая функция совокупной образовательной нормы включает в себя регламентацию качественных характеристик образовательной системы подготовки по данному направлению (специальности) с учетом потребностей сферы производства соответствующего региона, общества в целом и образовательных потребностей обучающихся.

Профессиональное образование призвано содействовать профессиональному и личностному развитию обучающихся [5]. Следовательно, необходимо отражение совокупной образовательной нормой тенденций развития характерных для данной сферы производства объектов труда, соответствующих им средств производства, техники и технологий. Отсюда, образовательные нормы должны ориентировать своих пользователей на прогностически значимые показатели результативности профессиональной подготовки, отражать перспективные требования к профессиональной компетентности выпускника вуза и в соответствии с этим раскрывать требования к обновлению образовательной среды вуза. Таким образом, неотъемлемой функцией совокупной образовательной нормы является прогностическая функция, направленная на формирование условий для актуального и потенциального профессионального и личностного развития обучающихся.

Учитывая миссию образования, связанную с обучением, воспитанием и социализацией обучающихся, можно отметить, что прогностически важные параметры образования, представляемые совокупной образовательной нормой, должны касаться не только профессиональной подготовки, но и продуктивных социальных норм качества образования. Отсюда, как очевидное, предстает необходимость выполнения совокупной образовательной нормой целеориентирующей функции наряду с функцией прогностической.

В функции преемственности образовательные нормы выступают как основа взаимосвязи образовательных целей учебного заведения и целей формирования трудовых ресурсов профильной сферы производства. Наряду с этим, реализуя функцию преемственности, совокупная образовательная норма составляет основу для формирования взаимосвязи содержания учебных дисциплин, обеспечивая интегративность профессионального обучения.

Принципиальная направленность образовательных норм на результат образования обуславливает возможность выполнения или диагностической функции. При этом совокупной образовательной нормой а priori устанавливается тип оценки результата образования. Особенность компетентностно-ориентированного образования состоит в том, что традици-

онно выступающие в роли субъектов оценивания – преподаватели, квалификационные комиссии перестают быть суверенными оценивающими экспертами, так как результат образования объективируется установленными образовательными нормами. Таким образом, диагностическая функция совокупной образовательной нормы состоит в объективировании оценки результата профессионального образования и обеспечения возможности выбора оценочных процедур релевантных оцениваемым результатам и обеспечивающих репрезентативность данных оценок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Философский словарь [Текст] / отв. ред. М. М. Розенталя. – М.: Изд. 5-е, 2002.
2. Букалова, Г. В. Содержание производственной деятельности – основа структурного состава образовательных норм [Текст] / Г. В. Букалова // Мир транспорта и технологических машин. 2011. №3(34). С. 83-88.
3. Серов, В. Г. Актуальность профессиональной подготовки для малого бизнеса [Текст] / В. Г. Серов // Актуальные вопросы современной науки: сборник научных трудов. Новосибирск: издательство «СИБ ПРИНТ». 2010.
4. Берлиус, А. Г. Проблемы и перспективы реализации компетентностного подхода в образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.eidos.ru/journal/2005/0910-12.htm](http://www.eidos.ru/journal/2005/0910-12.htm).
5. Зеер, Э. Ф. Реализация компетентностного подхода в профессиональном образовании [Текст] / Э. Ф. Зеер, Д. П. Заводчиков, Е. Г. Лопес. – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2007.

**Букалова Галина Васильевна**

ФГОУ ВПО Госуниверситет-УНПК

Адрес: 302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29

Канд. пед. наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»

Тел.: +7(4862)734350

E-mail: [srmostu@mail.ru](mailto:srmostu@mail.ru)

---

G. V. BUKALOVA

## OBJECTS AND FEATURES SCORE NORMALIZATION VOCATIONAL EDUCATION TECHNICAL PROFILE

*The author analyzes the problem of the scientific validity of the educational facilities of the first valuation and the definition of the total educational standards, is-my competence model results of professional education.*

**Keywords:** *educational facilities rationing function of educational standards, professional competence, competence model.*

## BIBLIOGRAPHY

1. Filosofskiy slovar` [Tekst] / otv. red. M. M. Rozentalya. - M.: Izd. 5-e, 2002.
2. Bukalova, G. V. Soderzhanie proizvodstvennoy deyatel`nosti - osnova strukturnogo sostava obrazovatel`nykh norm [Tekst] / G. V. Bukalova // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2011. №3(34). S. 83-88.
3. Serov, V. G. Aktual`nost` professional`noy podgotovki dlya malogo biznesa [Tekst] / V. G. Serov // Aktual`nye voprosy sovremennoy nauki: sbornik nauchnykh trudov. Novosibirsk: izdatel`stvo "SIB PRINT". 2010.
4. Berlius, A. G. Problemy i perspektivy realizatsii kompetentnostnogo podkhoda v obrazovanii [Elektronnyy resurs].- Rezhim dostupa: [www.eidos.ru/journal/2005/0910-12.htm](http://www.eidos.ru/journal/2005/0910-12.htm).
5. Zeer, E. F. Realizatsiya kompetentnostnogo podkhoda v professional`nom obrazovanii [Tekst] / E. F. Zeer, D. P. Zavodchikov, E. G. Lopes. - Ekaterinburg: Izd-vo Ros. gos. prof.-ped. un-ta, 2007.

**Bukalova Galina Vasil'evna**

FGBOU VPO State University-UNPK

Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29

Kand.ped.nauk, assistant professor of "Service and repair of machines"

Tel.: +7(4862)734350

E-mail: [srmostu@mail.ru](mailto:srmostu@mail.ru)

УДК 378.147:62914:656.13

И. Е. ИЛЬИНА, А. А. ЮМАЕВА, Н. Р. БАХТЕЕВ, О. М. СЕРОВА

## ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ КАТЕГОРИИ «В» И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

*Сложные дорожно-транспортные условия современного движения на дорогах и улицах предъявляют весьма высокие требования к надёжности водителя. Поэтому большое значение имеет проблема улучшения подготовки водительских кадров для автомобильного транспорта и повышения их профессиональной пригодности. Выделены основные показатели, влияющие на качество подготовки водителя и безопасность дорожного движения.*

**Ключевые слова:** подготовка водителя, дорожно-транспортное происшествие

В отрасли автомобильного транспорта заняты миллионы людей. От надёжности водителя, эффективности его деятельности зависит производительность транспортных средств и безопасность дорожного движения. Сложные дорожно-транспортные условия современного движения на дорогах и улицах предъявляют весьма высокие требования к надёжности водителя. Поэтому большое значение имеет проблема улучшения подготовки водительских кадров для автомобильного транспорта и повышения их профессиональной пригодности.

Усовершенствование конструкции автомобиля приводит к облегчению физического труда водителя. Однако одновременно возрастает психофизиологическая нагрузка на водителя, приводящая к переутомлению, увеличению числа ошибок, неправильных решений и, как следствие, к дорожно-транспортным происшествиям.

Поэтому проблема человеческого фактора приобретает первостепенное значение. Водитель является самым главным, но и менее надёжным звеном системы «Водитель-Автомобиль-Дорога-Среда» (ВАДС). Из-за ошибок водителя происходит большое число дорожно-транспортных происшествий, которые приводят к травмам, человеческим жертвам и материальным потерям.

Качество профессиональной подготовки водителей в большой степени зависит от уровня технической оснащённости учебных заведений по подготовке водителей и качества преподавательского состава.

За последние годы значительно возросло число образовательных учреждений, осуществляющих подготовку водителей. В них ежегодно проходят подготовку и переподготовку водители транспортных средств различных категорий и лиц, желающих получить право на управление транспортным средством. Приём квалификационных экзаменов на право управления транспортными средствами кандидатов в водители осуществляют экзаменационные подразделения дорожной полиции. Резко возросшая конкуренция привела к снижению качества подготовки водителей. Сложившаяся система подготовки водительского состава недостаточно эффективна и не справляется со своей основной функцией – обеспечением высокого качества учебного процесса с точки зрения безопасности движения.

Возрастающая сложность движения предъявляет повышенные требования к надёжности и профессиональной пригодности водителя. Основная доля дорожно-транспортных происшествий совершается водителями со стажем менее трёх лет, в том числе 20 процентов – со стажем до одного года. Одной из причин высокого уровня аварийности среди начинающих водителей наряду с низкой дисциплиной являются несоответствие качества подготовки предъявляемым требованиям, слабая материально-техническая база образовательных учреждений, недостаточная квалификация преподавательских кадров, невыполнение в полном объёме программ обучения, отсутствие надлежащей воспитательной работы с кандидатами в водители.

На практике мало внимания уделяется кадровому обеспечению процесса профессиональной подготовки, квалификации педагогических работников, а также совершенствованию материально-технической базы образовательных учреждений. Не отрегулированы вопросы

переподготовки и повышения квалификации преподавателей и мастеров производственного обучения. Многие из них не имеют специальной педагогической подготовки.

Водитель – главная фигура в процессе дорожного движения. К водителю предъявляются высокие требования. Он должен свободно ориентироваться в сложных дорожных условиях, обладать способностью предвидеть развитие дорожно-транспортной ситуации, быть максимально внимательным к действиям других участников движения.

Главная цель и основной критерий деятельности педагогических коллективов, занимающихся профессиональной подготовкой водителей транспортных средств – обеспечить безаварийную работу на автомобиле.

Анализируя систему подготовки водителей категории «В» можно сделать вывод, что на качество подготовки водителей наиболее критично влияют следующие факторы:

- теоретическая и содержательная часть обучения;
- практическая часть обучения;
- подготовка педагогических кадров для системы подготовки водителей;
- система приема экзаменов;
- система контроля за квалификацией водителя.

Исследуя деятельность учебных организаций, в частности теоретическую и содержательную часть обучения, сроки, формы и методы учебного процесса, можно отметить следующее. Теоретические занятия проводятся типично. Все организации располагают достаточным количеством наглядных пособий по изучаемым дисциплинам. Даже с учётом периодических изменений в Правилах дорожного движения не составляет труда приобретать новейшую учебно-методическую литературу: Правила дорожного движения, комментарии к Правилам дорожного движения и экзаменационным билетам, билеты по Правилам дорожного движения. Кроме того, в настоящее время имеется большой выбор различной литературы по управлению автомобилем, ремонту и обслуживанию, ориентированной на разный уровень подготовленности. Стоит отметить широкий спектр наглядных пособий по дисциплине «Техническое устройство и обслуживание автомобилей». Комплектование учебного процесса по данной дисциплине осуществляется из внутренних фондов: детали, узлы, агрегаты, приборы и механизмы, пришедшие в негодность и снятые с учебных автомобилей, являются достойным дополнением к наглядным пособиям для будущих водителей.

Кроме того, во всех автошколах имеются разрезные агрегаты, настенные щиты и стенды необходимые для того, чтобы дать наглядное представление об изучаемых объектах, их особенностях, устройстве, компоновке, работе. Этими объектами могут быть не только агрегаты и системы автомобиля, но и элементы дорог с участниками движения и техническими средствами организации дорожного движения. Изучаемые объекты могут быть представлены в виде рисунков, макетов, натуральных деталей.

Значительную помощь в подготовке водителей оказывает отдел пропаганды областного управления ГИБДД, который предоставляет автошколам различные материалы.

Большой популярностью пользуется программное обеспечение по Правилам дорожного движения и основам безопасности дорожного движения, которое используется почти во всех организациях, занятых в данной сфере деятельности. Статистические данные говорят о том, что наиболее грамотными водителями в теоретической части являются ученики автошкол.

Однако стоит отметить, что со временем водители начинают пренебрегать Правилами дорожного движения и в большинстве своём относятся к категории правонарушителей. Поэтому проблемы в теоретической подготовке есть и носят в большей степени воспитательный характер.

Срок обучения в России водителей на право управления транспортным средством категории «В» - 3 месяца. За столь малый период обучения водителей нет возможности проводить воспитательную работу среди будущих водителей, сложно привить им водительскую этику.

Кроме того, водители получают в недостаточном объеме сведения об уголовном, административном и гражданском законодательстве в сфере эксплуатации транспортных средств.

В реальных условиях любой автошколы практическое обучение сводится к ограниченному объему учебных поездок на автомобиле. На практическое обучение для категории «В» отводится пятьдесят часов, в рамках которых кандидата в водители обучают минимуму водительского мастерства, достаточного для сдачи квалификационного экзамена по вождению. За столь малый срок обучения не реально научить человека правилам вождения на различных типах дорог, с разным качеством дорожного покрытия, в плотных транспортных потоках с избытком разноплановой дорожной информации, в тесном контакте с различными участниками дорожного движения. Учитывая требования, предъявляемые при проведении практического этапа экзамена, инструкторы лишь готовят будущих водителей на проведение экзаменационного минимума.

Видимость безопасности и безрассудной езды обусловлена отсутствием знаний о влиянии скорости движения на вероятность травмирования, механизма разрушения автомобиля и человеческого тела при ДТП.

Для повышения уровня подготовки водителей необходимо разработать критерии оценки и провести комплексное исследование качества подготовки водителей в автошколах. Основой обучения должна являться контрпропаганда аварийных ситуаций с подробной имитацией настоящего ДТП. Для этого можно использовать мультимедийные программы или специальные тренажеры. Целью является донести до сознания водителей опасность нарушения ПДД, превышения скорости, выезда на встречную полосу и т.д. Наиболее актуальным такой подход является для водителей получающих впервые водительское удостоверение.

Другим направлением является предоставление обучающимся полной информации об индивидуальных психофизиологических качествах, которые необходимы при вождении автомобиля. Целью является возможность оценить индивидуальные показатели и их влияние на определение расстояний до встречных и попутных автомобилей, узнать время реакции и его влияние на тормозной путь, выяснить способность переработки получаемой информации.

Программ контроля психофизиологических особенностей водителя существует огромное множество, однако они ещё не получили широкого распространения на всей территории России и в регионах практически не применяются.

Практическая подготовка водителей во всех организациях, занятых на рынке данных услуг, носит проблемный характер. Большинство автошкол характеризуется недостаточно оснащённой материально-технической базой.

«Вождение» в условиях ограниченной видимости, на скользких участках дорог, на участках с малыми радиусами кривых и т. д., то есть в сложных дорожных условиях или критических ситуациях возможно лишь с помощью специализированных автотренажеров либо оборудованных автодромов.

Однако внедрение автотренажеров в педагогический процесс получило широкое распространение лишь в последнее время и пока применяется не во всех автошколах, так как требует дополнительного привлечения материальных средств.

Автодромы в России не отвечают современным требованиям, предъявляемым к процессу обучения, а необходимость постройки автоматизированных автодромов для сдачи экзаменов по вождению является прерогативой весьма дорогостоящей и недоступной для большинства автошкол. Кроме того, в крупных городах имеет место проблема наличия земельного участка для реализации такого проекта.

Таким образом, необходима федеральная поддержка тех изменений, которые регламентировали бы подготовку водителей транспортных средств на новом, более качественном уровне.

Основные показатели, которые влияют на качество подготовки водителя, а это, в свою очередь на безопасность движения представлены на рисунке 1.

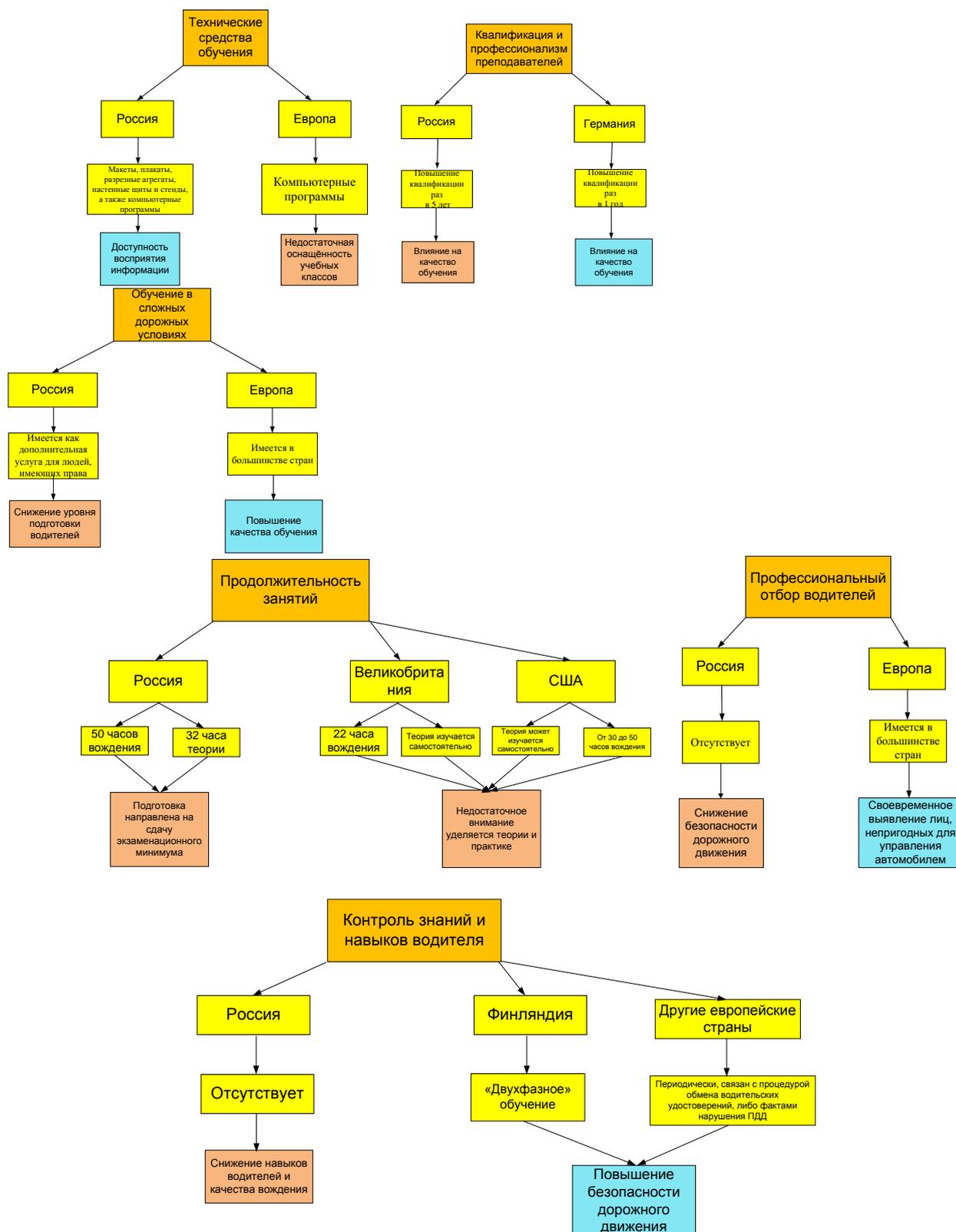


Рисунок 1 - Основные показатели, влияющие на качество подготовки водителей

Проблема с низким уровнем профессиональных навыков преподавательского и инструкторского состава автошкол для нашей страны является актуальной. Необходимо отметить, что работу с курсантами проводят инструкторы-водители, не имеющие педагогического образования, а большинство из них не имеют высшего образования. При этом следует учитывать, что контингент обучающихся водительскому ремеслу очень разнообразный, каж-

дый человек имеет определённые знания, навыки, склонности, сугубо индивидуальное восприятие действительности, особые психофизиологические качества личности. В связи с чем нужен индивидуальный подход к каждому.

Основная проблема приема экзаменов на получение водительского удостоверения заключается в высокой коррупционной емкости и необъективности процесса сдачи экзаменов. Действующая сегодня методика приема экзаменов претерпевает существенные изменения. Разработана новая, которая вступила в силу с 1 ноября 2011 года.

Согласно данной методике, ведется не только видео-, но и звукозапись всех разговоров, с последующим хранением этой информации в течение 12 месяцев после сдачи экзамена. И в случае возникновения спорных вопросов о том, на каком основании тот или иной человек получил права, всегда можно поднять данные из архива и выяснить, были ли нарушения в ходе экзамена.

Для видеофиксации предлагается использовать не бытовые видеокамеры, а специальные аппаратно-программные комплексы аудио- и видеонаблюдения, в состав которых войдут многоканальные регистраторы, модуль записи и хранения информации, а также несколько видеокамер, одновременно фиксирующих действия водителей, инструктора и экзаменатора, показания приборов автомобиля и обстановку вокруг машины.

В России отсутствует система контроля за квалификацией водителя после того, как он получил водительское удостоверение. В отличие от нашей страны во многих европейских странах введены обязательные программы «двухфазного» обучения, когда каждый водитель должен после получения водительского удостоверения пройти дополнительный курс занятий по вождению, и не раньше чем через шесть месяцев (а в большинстве случаев позже) он проходит тестирование и получит «постоянное» водительское удостоверение.

Кроме того, в некоторых странах Европы существует система периодического контроля знаний и навыков водителя, связанная с процедурой обмена водительских удостоверений, либо фактами нарушения ПДД, что является весьма действенной мерой повышения безопасности дорожного движения.

Таким образом, проведенный анализ системы подготовки водителей в нашей стране показал, что процесс обучения носит проблемный характер и требует существенной модернизации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козориз, С. Е. Методические основы подготовки водителей транспортных средств [Текст]: Учеб. пособие / С. Е. Козориз. – Павлодар, Павлодарский университет, 2005. – 272с.
2. Зеленин, С. Ф. Учебник по вождению автомобиля [Текст] / С. Ф. Зеленин. – М.: ООО «Мир автокниг», 2006. – 80 с.

### **Ильина Ирина Евгеньевна**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»  
Тел.: +7(8412)498330  
Email: dekauto@pguas.ru

### **Юмаева Ания Анвяровна**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
Студент гр. ОБД53  
Тел.: +7(8412)498330  
Email: dekauto@pguas.ru

### **Бахтеев Наиль Равильевич**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
Студент гр ОБД53

Тел.: +7(8412)498330  
Email: dekauto@pguas.ru

**Серова Ольга Михайловна**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
Студент гр. ОБД31  
Тел.: +7(8412)498330  
Email: dekauto@pguas.ru

---

I. E. ILYINA, A. A. JUMAEVA, N. R. BAHTEEV, O. M. SEROVA

**PROBLEMS PREPARATION OF DRIVERS OF CATEGORY  
OF "B" AND THE WAY OF THE DECISION**

*Difficult road and transport conditions of modern movement on roads and streets make rather high demands to reliability of the driver. Therefore the problem of improvement of preparation of driver's shots for motor transport and increase of their professional suitability has great value. The basic indicators influencing quality of preparation of the driver and safety of traffic are allocated.*

**Keywords:** Preparation of the driver, road accidents

**BIBLIOGRAPHY**

1. Kozoriz, S. E. Metodichnskie osnovy podgotovki voditeley transportnykh sredstv [Tekst]: Ucheb.posobie / S. E. Kozoriz. - Pavlodar, Pavlodarskiy universitet, 2005. - 272s.
2. Zelenin, S. F. Uchebnik po vozhdeniyu avtomobilya [Tekst] / S. F. Zelenin. - M.: ООО "Mir avto-knig", 2006. - 80 s.

**Ильина Ирина Евгеньевна**

ФГБОУ ВПО «Пенза state university of architecture and building»  
Address: 440028, g. Penza, Titov's street, 28  
Cand.Tech.Sci., the senior lecturer  
Tel.: +7(8412)498330  
Email: dekauto@pguas.ru

**Jumaeva Anija Anvjarovna**

ФГБОУ ВПО «Пенза state university of architecture and building»  
Address: 440028, g. Penza, Titov's street, 28  
Student gr. OBD53  
Tel.: +7(8412)498330  
Email: dekauto@pguas.ru

**Bahteev Nail Ravilevich**

ФГБОУ ВПО «Пенза state university of architecture and building»  
Address: 440028, g. Penza, Titov's street, 28  
Student gr. OBD53  
Tel.: +7(8412)498330  
Email: dekauto@pguas.ru

**Serova Olga Mihaylova**

ФГБОУ ВПО «Пенза State University of Architecture and Construction»  
Address: 440028, g. Penza, ul. Titov, 28  
Student gr. OBD31  
Tel.: +7(8412)498330  
Email: dekauto@pguas.ru

А. П. ТРЯСЦИН, Ю. Н. БАРАНОВ, А. П. ЛАПИН, А. А. КАТУНИН

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СТРАТЕГИИ ПОДГОТОВКИ ВОДИТЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

*Обоснованы теоретические подходы к созданию обучающих систем для подготовки и переподготовки водителей по безопасности дорожного движения основе системного анализа с целью снижения вероятности дорожно-транспортных происшествий.*

**Ключевые слова:** безопасность дорожного движения, водитель, дорожно-транспортное происшествие, подготовка, переподготовка.

Обеспечение безопасности дорожного движения является одной из приоритетных государственных задач. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении федеральной целевой программы «Повышение безопасности дорожного движения в 2006-2012 годах», определило программно-целевой подход к проведению системы мероприятий по спасению жизни пострадавших и снижению тяжести последствий дорожно-транспортных происшествий (ДТП) [1].

Важным элементом в деле обеспечения безопасности дорожного движения является четкое определение масштабов и характера этого социального явления и выработка стратегии в целях решения проблемы дорожно-транспортного травматизма.

Стратегия подготовки и переподготовки водителей по вопросам безопасности дорожного движения заключается в установлении объема подготовки в зависимости от его категории. Для оптимизации этого процесса производится адаптация среды обучения к требуемому уровню подготовки [2].

Существуют следующие виды индивидуальных различий категорий водителей:

- способность разделения задач по времени, то есть в разной степени способны выполнять одновременно несколько задач;
- синтетический или аналитический способ усвоения информации, то есть способность обрабатывать получаемую информацию как целое или же частями;
- способность анализировать задачи абстрактно или конкретно.

Особенность изучения вопросов безопасности дорожного движения водителями транспортных средств состоит в разнообразии и большом объеме материала. Поэтому нужно его разбить на отдельные логически завершенные части [3,4].

В целях адаптации системы подготовки к индивидуальным особенностям водителей нужно управлять следующими параметрами:

- объемом материала;
- длительностью подготовки;
- стратегией управления консультативной информацией.

С целью учета категорий водителей введен параметр  $T$ , который определяет время достижения требуемого состояния  $T_0$ , или время усвоения необходимого объема знаний при контроле  $T_k$ .

Для этих целей используется математическая модель, представляющая водителей в виде двухрежимного объекта управления. Исследуемые процессы описываются в виде дифференциальных уравнений с неопределенными коэффициентами:

$$y'(t) = \begin{cases} T_0^{-1}U(t) - T_0^{-1}y(t), & 0 < U(t) - y_0 \leq U_{\text{пнт}} \\ U(t) - y_0 > U_{\text{пнт}}; & U(t) - y_0 < 0; \end{cases} \quad (1)$$

$$y'(t) = \begin{cases} T_k^{-1}U(t), & y \geq U_{Tj}; \frac{y(t)}{T_k^{-1}U(t)} \neq 1 \\ y < U_{Tj}; \end{cases} \quad (2)$$

где  $T_0$  и  $T_K$  - коэффициенты, отражающие категорию водителя;

$y_0$  - начальный уровень знаний водителей;

$U(t)$  - управляющее воздействие (обучающий материал, тексты);

$U_{\text{пмг}}$  - пороговый уровень сложности обучающего материала, который способен воспринимать водитель;

$U_{Tj}$  - минимальный уровень сложности тестирующего материала;

$y(t)$  - имеющийся уровень подготовки.

Уровень подготовки водителей, управляющее воздействие,  $U_{\text{пмг}}$ ,  $U_{Tj}$  измеряются в байтах, а время подготовки  $T_0$  и  $T_K$  - в секундах.

Траектория управления подготовки водителей при использовании многоуровневой обучающей программы, полученная с использованием данной модели, приведена на рисунке 1, где  $T_{\text{п}i}$  - время перевода обучаемого с  $i$ -го на  $(i+1)$  уровень,  $T_{\text{к}i}$  - время контроля на  $i$ -том уровне.

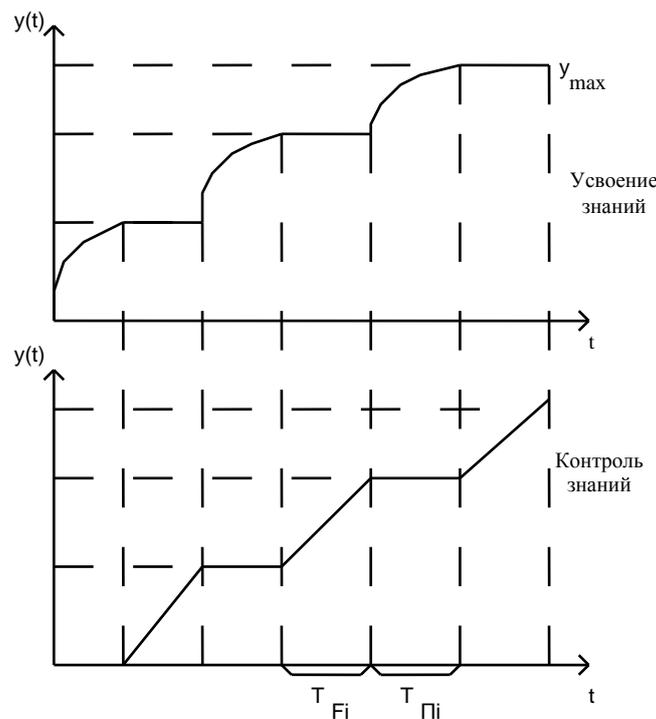


Рисунок 1 - Управление подготовкой работников

Анализ модели (1, 2) показывает, что она содержит неопределенные параметры  $T_0$  и  $T_K$ . Для оценки их значений в процессе управления введена динамическая идентификация в реальном масштабе времени в темпе с процессом управления.

На основе уравнений (1) и (2) проведен синтез алгоритмов подготовки водителей и качества, с учетом ограничений, определяющих специфику области применения системы и вытекающих из (1, 2) при  $y_0 = 0$  в режиме подготовки

$$0 < U(t) \leq U_{\text{пмг}} \quad (3)$$

и в режиме проверки качества подготовки

$$y \geq U_{Tj} \quad (4)$$

В результате выражение для управления в режиме подготовки имеет следующий вид:

$$U(t) = \frac{\hat{y}(t + \Delta t) - y(t)}{\Delta t \alpha(t)}, \quad (5)$$

где  $\alpha(t)$  - динамическая оценка параметра  $T_0$  (обратная  $T_0$ ), определяемая из выражения

$$\alpha(t) = \frac{y(t) - y(t - \Delta t)}{\Delta t [U(t - \Delta t) - y(t - \Delta t)]}, \quad (6)$$

где  $\hat{y}$  - априорная траектория управления, которая на основании рис.1 может быть представлена в виде

$$\hat{y}(t) = \left\{ y_{i-1} e^{-\gamma_i t} + y_i (1 - e^{-\gamma_i t}), t_i \leq t \leq t_{i+1}, i = \overline{1, n} \right\}, \quad (7)$$

где  $n$  - число уровней управляющей программы;

$$\gamma = 1/T_0,$$

где  $\Delta t$  - малая величина.

В режиме проверки качества подготовки

$$U(t) = \frac{\hat{y}(t + \Delta t) - y(t)}{\Delta t \beta(t)}, \quad (8)$$

где  $\beta(t)$  - динамическая оценка параметра  $T_K$  (обратная  $T_K$ ), определяемая из выражения

$$\beta(t) = \frac{y(t) - y(t - \Delta t)}{\Delta t U(t - \Delta t)}, \quad (9)$$

а  $\hat{y}$  из рисунка 1

$$\hat{y}(t) = \sum_i \gamma_i t, t_i \leq t \leq t_{i+1}, i = \overline{1, n}, \quad (10)$$

где  $\gamma = 1/T_K$ .

Анализ выражений (6) и (8) показывает, что левая часть неравенства (3) выполняется при наличии ограничения на  $\hat{y}$  в виде  $\hat{y}(t + \Delta t) > y(t)$ . Если это неравенство не выполняется, то рассчитывается новая траектория  $\hat{y}$  с учетом категории водителей. Таким образом

$$\hat{y}(t + \Delta t) = \hat{y}(t) + \Delta \hat{y}(t), \quad (11)$$

$$\Delta \hat{y}(t) = NF \left[ \hat{y}(t), \alpha(t), \beta(t), U(t) \right], \quad (12)$$

$$N = \begin{cases} 0, & \hat{y}(t + \Delta t) - y(t) > 0, \\ 1, & \hat{y}(t + \Delta t) - y(t) \leq 0 \end{cases} \quad (13)$$

Алгоритм работы системы имеет следующий вид:

- на основании (7) и (10-13), строится априорная траектория управления. Первоначальные значения коэффициентов  $T_0$  и  $T_K$  определяются на основе результатов контроля знаний, а также статистической обработки предыдущих результатов обучения;

- в ходе процесса подготовки определяется управляющее воздействие  $U(t)$  (объем учебного материала в зависимости от подготовленности водителей) по формулам (5, 8);

- после каждого этапа обучения проверяется выполнение условия  $\hat{y}(t + \Delta t) > y(t)$ . В случае его невыполнения производится динамическая оценка параметров  $T_0$  и  $T_K$  по (6, 9) и рассчитывается новая траектория подготовки водителей.

В ходе проверки качества подготовки значение  $y(t)$  может определяться двумя способами:

- знания работников оцениваются по трехбалльной системе и обучаемому выставляется оценка  $C$  ( $C = 2, 4, 5$ ). В этом случае

$$y(t) = \frac{C - 2}{3} U(t), \quad (14)$$

- знания обучаемого оцениваются путем проведения тестирования, при этом

$$y(t) = \frac{\bar{N}}{N} U(t), \quad (15)$$

где  $N$  - общее число заданных вопросов;

$\bar{N}$  - число вопросов, на которые обучаемый дал правильные ответы.

Таким образом, адаптация производится по двум параметрам - состоянию знаний обучаемого и скорости усвоения материала (варьируются следующие параметры: объем учебного материала и длительность его показа, а также время и степень контроля обучаемого).

Оценкой эффективности работы обучающей системы является критерий ожидаемого значения среднего балла  $K_l$ , который вычисляется по формуле:

$$K_l = K_{l2} + K_{l3} + K_{l4} / n, \quad (16)$$

где  $K_{l2}, K_{l3}, K_{l4}$  - количество проверяемых, получивших оценки, не знает, знает плохо, знает хорошо;

$n$  - общее число контролируемых.

Сравнивая полученное значение  $K_l$  с фиксированным значением  $K_\phi$  (заданный критерий), можно судить об эффективности работы системы.

Критерий эффективности функционирования системы подготовки определяется по результатам контрольных проверок.

При этом принятие решения основывается на одном из следующих критериев:

- ожидаемого значения;
- комбинации ожидаемого значения и дисперсии;
- известного предельного уровня;
- наиболее вероятного события в будущем.

Особенностью изучения вопросов безопасности дорожного движения и подготовки (переподготовки) водителей транспортных средств является то, что, даже при относительно высоких знаниях всех обучаемых и плохих знаниях всего одного - двух обучаемых, плохие знания этих обучаемых могут привести к дорожно-транспортным происшествиям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральная целевая программа "Повышение безопасности дорожного движения в 2006 - 2012 годах" (утв. постановлением Правительства РФ от 20 февраля 2006 г. № 100) (с изменениями от 18 августа 2007 г., 2 июня, 15 июля 2008 г., 14 февраля 2009 г.).
2. Котик, М. А. Природа ошибок человека оператора (на примере управления транспортными средствами) [Текст] / М. А. Котик, А. М. Емельянов. - М.: Транспорт, 1993. - 252с.
3. Надежность технических систем и техногенный риск/ Электронное учебное пособие [Электронный ресурс] / <http://www.mchs.emermos.ru>.
4. Чертыковцев, В. К. Логистика человеко-машинных систем [Текст] / В. К. Чертыковцев, Самара, 2001. - 76с.

### **Трясцин Антон Павлович**

ФГБОУ ВПО Госуниверситет-УНПК

Адрес: 302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29

Канд. техн. наук, доцент кафедры «ПТиСДМ»

Тел.: +7(4862)734354

E-mail: antondocent1968@mail.ru

### **Баранов Юрий Николаевич**

ФГБОУ ВПО Госуниверситет-УНПК

Адрес: 302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Сервис и ремонт машин»

Тел.: +7(4862)732994

E-mail: bar20062@yandex.ru

### **Лапин Алексей Павлович**

ФГБОУ ВПО Госуниверситет-УНПК

Адрес: 302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29

Д-р техн. наук, профессор кафедры «Сервис и ремонт машин»  
Тел.: +7(4862)732994  
E-mail: srmostu@mail.ru

**Катунин Андрей Александрович**  
ФГБОУ ВПО Государственный университет-УНПК  
Адрес: 302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29  
Канд. техн. наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»  
Тел.: +7(4862)734354  
E-mail:katunin57@gmail.com

A. P. TRYASTSIN, YU. N. BARANOV, A. P. LAPIN

## THEORETICAL APPROACHES TO STRATEGY OF PREPARATION DRIVERS VEHICLES

*Theoretical approaches to creation of training systems for preparation and retraining of drivers on safety of traffic to a basis of the system analysis Are proved with the purpose of decrease of probability of road and transport incidents.*

**Keywords:** *safety of traffic, driver, road and transport incident, preparation, retraining.*

### BIBLIOGRAPHY

1. Federal'naya tselevaya programma "Povyshenie bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya v 2006 - 2012 godakh" (utv. postanovleniem Pravitel'stva RF ot 20 fevralya 2006 g. № 100) (s izmeneniyami ot 18 avgusta 2007 g., 2 iyunya, 15 iyulya 2008 g., 14 fevralya 2009 g.).
2. Kotik, M. A. Priroda oshibok cheloveka operatora (na primere upravleniya transportnymi sredstvami) [Tekst] / M. A. Kotik, A. M. Emel'yanov. - M.: Transport, 1993. - 252s.
3. Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem i tekhnogennyy risk/ Elektronnoe uchebnoe posobie [Elektronnyy resurs] / <http://www.mchs.emermos.ru>.
4. Chertykovtsev, V. K. Logistika cheloveko-mashinnykh sistem [Tekst] / V. K. Chertykovtsev, Samara, 2001. - 76s.

**Tryastsin Anton Pavlovich**  
FGBOU VPO State University-UNPK  
Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29  
Candidate. Technical. , Associate Professor of the Department "PTiSDM"  
Tel.: +7(4862)734354  
E-mail: antodocent1968@mail.ru

**Baranov Yuri Nicolaevich**  
FGBOU VPO State University-UNPK  
Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29  
Dr. Sc. Sciences, Department of "Service and repair of machines"  
Tel.: +7(4862)732994  
E-mail: bar20062@yandex.ru

**Lapin Alex Pavlovich**  
FGBOU VPO State University-UNPK  
Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29  
Dr. Sc. Sciences, Department of "Service and repair of machines"  
Tel.: +7(4862)732994  
E-mail: srmostu@mail.ru

**Katunin Andrey Aleksandrovich**  
FGBOU VPO State University-UNPK  
Address: 302020, Orel, Naugorskoe Highway 29  
Candidate. Technical. Sciences, Associate Professor of "Service and repair of machines"  
Tel.: +7(4862)734354  
E-mail: katunin57@gmail.com

Т. А. КОЗИНА, Д. А. ИСКОРКИН

## ФОРМИРОВАНИЕ СОЦИОКУЛЬТУРНОЙ НАБЛЮДАТЕЛЬНОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

*В статье рассматривается понятие социокультурной наблюдательности в обучении деловому общению на иностранном языке. Выявлены три стадии процесса формирования социокультурной наблюдательности студентов: постановка задачи наблюдения, фиксация наблюдаемого социокультурного признака и его интерпретация.*

*Ключевые слова:* социокультурная наблюдательность, социокультурный признак, деловое общение.

Основная задача преподавателя вуза иностранного языка – не просто ввести новую социокультурную информацию, а заставить студента самому участвовать в процессе обучения и познания нового материала. Поэтому при обучении иностранному языку большое значение имеет такая способность студента, как социокультурная наблюдательность. В теории методики преподавания иностранного языка под социокультурной наблюдательностью традиционно определяют «способность, которая заключается в умении распознать существенные и малозаметные свойства языка, общества и культуры страны изучаемого языка» [1]. Однако следует различать понятия «наблюдение», понимаемое нами как процесс познавательной деятельности и «наблюдательность» – как мыслительную способность человека. В этом случае наблюдательность способствует успешному наблюдению, а, следовательно, и не менее успешному освоению учебного материала. При этом роль преподавателя иностранного языка – сформировать навык активного наблюдения через развитие наблюдательности.

В данной статье мы рассматриваем наблюдательность как одну из способностей социокультурной компетенции студента. Важно отметить, что необходимо сформировать у студента наблюдательность относительно следующих понятий лингвокультурной информации о стране изучаемого языка, а именно:

- особенностях поведения людей;
- вежливых формах речевого поведения;
- особенностях жизни людей;
- ценностях и жизненных ориентирах;
- условиях ежедневной жизни [2].

Рекомендуемая министерством учебная программа для высшего образования по дисциплине «Деловой иностранный язык» (английский) предполагает формирование у студентов две основные группы компетенций:

- 1) Умение вести беседу на проблемы делового характера на иностранном языке;
- 2) Умение осуществлять деловую переписку на иностранном языке.

Проблематика делового общения характеризуется широкой тематической направленностью и содержит многообразную социокультурную информацию, восприятие и усвоение которой помогает осуществить развитие у студентов способности социокультурной наблюдательности.

Поэтому основные задачи данного исследования – это определить понятие процесса формирования социокультурной наблюдательности, выделить его основные составляющие и рассмотреть его реализацию на примере обучения деловому общению на занятиях по дисциплине «Деловой иностранный язык» (английский).

Объектом данного исследования выступил процесс формирования социокультурной наблюдательности на занятиях по дисциплине «Деловой иностранный язык (английский)» у студентов второго курса Автомобильно-дорожного института Пензенского государственного университета архитектуры и строительства. Занятия проводились в группах студентов с оди-

наковой наполняемостью примерно 10-12 человек и одинакового уровня владения английским языком (10% - отлично, 30 (35)% - хорошо, 60 (65)% - удовлетворительно).

В ходе проведенного исследования удалось прийти к следующим основным выводам.

1) Формирование социокультурной наблюдательности способствует развитию:

- самостоятельной познавательной способности студентов;
- некоторых качеств личности;
- социальной адаптации студентов в условиях иноязычной среды.

2) В данном исследовании мы определяем процесс формирования социокультурной наблюдательности как организованный интерактивный процесс взаимодействия преподавателя и студенческой аудитории, характеризующийся четкой структурой, состоящей из трех этапов:

- 1) определение объекта наблюдения;
- 2) выявление наблюдаемого предмета, явления, факта;
- 3) объяснение наблюдаемого предмета, явления или факта действительности.

Необходимо пояснить, каким именно образом осуществляется процесс формирования наблюдательности на каждом этапе и в чем роль преподавателя иностранного языка в данном процессе. Итак, все начинается с того, что преподаватель ставит перед студентами задачу - обнаружить некоторый социокультурный признак наблюдаемого предмета, факта или явления. Студенты в свою очередь находят и фиксируют в памяти данный признак и на третьем этапе стараются объяснить выявленный социокультурный признак, применяя все свои знания. Три выявленные нами этапы процесса формирования социокультурной наблюдательности можно обозначить как постановку задачи, фиксацию и интерпретацию. Результаты данного исследования представлены в таблице 1.

Таким образом, три стадии процесса формирования социокультурной коммуникации на занятиях по обучению деловому общению на иностранном языке последовательно способствуют эффективному познанию новой социокультурной информации. Эффективность обучения достигается, на наш взгляд, следующими причинами. Во-первых, вид предъявляемого лексического материала разнообразен по форме и содержанию (аудио, видео, печатный текст), обеспечивая высокую мотивированность обучения. Во-вторых, в процессе знакомства с новой информацией задействованы разные виды памяти, а именно слуховая и зрительная, что способствует эффективному восприятию и усвоению нового материала. В-третьих, задача по выявлению нового социокультурного признака ставится на русском (родном) языке, снимая все трудности перевода. В-четвертых, все рассматриваемые темы занятий отражают наиболее актуальные проблемы современной жизни и содержат яркие примеры социокультурных признаков, выявляемые на достаточно простом лексическом материале, который способны понять среднестатистические студенты со средним уровнем владения иностранным языком. В-пятых, интерпретация выявленного социокультурного признака осуществляется после полного просмотра всей предъявляемой информации, то есть на третьем этапе процесса формирования социокультурной наблюдательности, когда студент полностью погружен в иноязычную среду и способен более точно понять смысловую нагрузку зафиксированного признака. В-шестых, формируется активная способность социокультурной наблюдательности студента, так как предъявление нового материала предшествует дальнейшему точному усвоению новой лексики, осуществляемое под руководством преподавателя.

Таблица 1 – Результаты исследования

Тема занятия	Вид предъявляемого учебного материала	Постановка задачи	Фиксация наблюдаемого социокультурного признака, предмета, явления	Интерпретация
1	2	3	4	5
At the airport ( в аэропорте – встреча бизнес-партнера из Великобритании)	Видео сюжет	Как деловые партнеры приветствуют друг друга на английском языке?	Mark: How do you do! Nick: How do you do! (Начальная фраза и ответная реплика произносятся с разной интонационной схемой – повышение тона в первом случае и понижение тона – во втором)	Официальное приветствие в деловой среде не общеизвестное слова hello, hi, а How do you do!, произносимое с разной интонационной окраской – социокультурный признак вежливых формул речевого поведения
At the gas station (на автозаправочной станции)	Печатный текст	В каких единицах измеряется объем топлива в Великобритании?	Refueller: How many gallons, sir? Driver: 20 gallons super, please.	Топливо в Великобритании измеряется в галлонах - социокультурный признак условий повседневной жизни
Asking the way (как спросить дорогу)	Аудио запись	Какие фразы на английском языке употребляют говорящие и какие именно слова выражают извинение?	A passer-by: Excuse me, could you tell me the way to the Car Saloon, please? A woman: Sorry, it's my first visit to Boston and I have no idea where it is...	Когда прохожий обращается с просьбой помочь объяснить ему дорогу до автосалона, он говорит - Excuse me. В ответ проходившая мимо женщина извиняется - Sorry, за то, что она не может помочь, так как сама впервые в Бостоне - социокультурный признак вежливых формул речевого поведения
Simple commercial letter (простое коммерческое письмо)	Печатный текст	Докажите, что получатель данного письма может полагаться на соблюдение всех условий договора	Dear Mr Black We're very pleased to inform you about the exact date of the delivery. Our company guarantees the fulfillment of all the terms of the contract. We do hope to continue our cooperation...	Получатель данного делового письма может быть уверен в соблюдении условий договора. В доказательство можно привести наличие интернационального слова - guarantee – гарантировать, а также уверения в дальнейшем сотрудничестве - We do hope to continue our cooperation .... Социокультурный признак относительно ценностей и ориентиров жизни

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Driving offences(правонарушения)	Видеосюжет	Какое правонарушение фиксирует полицейский и каким образом осуществляется наказание?	Слово Parking повторяется несколько раз в сюжете.	Нарушение требования парковки в определенное время суток – был знак, указывающий на недопустимость парковки в период между 8 a.m – 10 a.m. (с 8 до 10 часов утра). Полицейский прикрепляет какой-то листок на лобовое стекло автотранспортного средства, скорее всего это квитанция об оплате штрафа – социокультурный признак особенностей поведения
A Thank-you letter	Печатный текст	Как автор письма обращается к его получателю?	Dear Sir	Данная фраза находится в начале письма, поэтому очевидно является обращением. Dear на русский язык переводится скорее «Уважаемый», а не «Дорогой» так как представляет из себя официальное письмо партнеру по бизнесу, а не другу.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафонова, В. В. Изучение языков международного общения в контексте диалога культур и цивилизаций. [Текст] / В. В. Сафонова. - Воронеж: Воронежский государственный университет, 1996. - 123 с.
2. Грицков, Д. М. Теоретические основы развития социокультурной наблюдательности в рамках языкового поликультурного образования. [Текст] / Д. М. Грицков // Вестник Тамбовского государственного университета. Серия: Гуманитарные науки. Вып. № 9(53). Тамбов, 2007. – 307 с.

**Козина Татьяна Анатольевна**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
 Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
 Канд. фил. наук, доцент кафедры «Иностранные языки»  
 Тел.: +7(8412)445536  
 E-mail: tatianak58@mail.ru

**Искоркин Денис Андреевич**

ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства»  
 Адрес: 440028, г. Пенза, ул. Титова, 28  
 Студент гр. ААХ-31  
 Тел.: +7(8412)445536  
 E-mail: tatianak58@mail.ru

T. A. KOZINA, D. A. ISKORKIN

### FORMATION OF SOCIOCULTURAL OBSERVATION IN TRAINING MOTOR COMPLEX

*The article deals with the concept of social and cultural observation while teaching business communication (English) at high school. The three main stages of the social and cultural observation formation process have been developed. They are the target of the observation, the record of the observed social and cultural sign and its explanation.*

**Keywords:** social and cultural observation, social and cultural sign, business communication.

### BIBLIOGRAPHY

1. Safonova, V. V. Izuchenie yazykov mezhdunarodnogo obshcheniya v kontekste dialoga kul'tur i tsivilizatsiy. [Tekst] / V. V. Safonova. - Voronezh: Voronezhskiy gosudarstvennyy universitet, 1996. - 123 s.

2. Gritskov, D. M. Teoreticheskie osnovy razvitiya sotsiokul'turnoy nablyudatel'nosti v ramkakh yazyko-vogo polikul'turnogo obrazovaniya. [Tekst] / D. M. Gritskov // Vestnik Tambovskogo gosudarstvennogo univer-siteta. Seriya: Gumanitarnye nauki. Vyp. № 9(53). Tambov, 2007. - 307 s.

**Kozina Tatiana Anatol'evna**

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

E-mail: officepguas.ru

Candidate. phil. Sciences, Associate Professor, "Foreign Languages"

Tel.: 7(8412)445536

E-mail: tatianak58@mail.ru

**Iskorkin Dennis Andreevich**

FGBOU VPO «Penza State University of Architecture and Construction»

Address: 440028, Penza, ul. Titov, 28

Student gr. AAX-31

Tel.: +7(8412)445536

E-mail: tatianak58@mail.ru

**Вашему вниманию представляется учебное пособие  
«ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА  
СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ»  
под редакцией канд. техн. наук, доц. Н. А. Давыдова**

*В пособии приведены основные положения по формированию предприятий автомобильного транспорта как основы производственно-технической инфраструктуры сервисного обслуживания автомобилей. Рассмотрены методики технологического расчета станций технического обслуживания, автозаправочных станций и автостоянок. Отражены особенности формирования производственно-технической базы автотранспортных предприятий. Уделено внимание оснащению предприятий технологическим оборудованием, его конструкции, работе, размещению и обслуживанию.*

*Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия»  
[www.academia-moscow.ru](http://www.academia-moscow.ru)*

**Продолжается подписка на журнал  
«Мир транспорта и  
технологических машин»**

*Подписной индекс журнала:*

*16376 («Пресса России»)*

*Подписка через редакцию:*

*(с любого месяца)*

*Информация о подписке на нашем сайте*

*[www.gu-unpk.ru](http://www.gu-unpk.ru)*

*Тел. +7 (4862) 43-48-90*

И. М. БЛЯНКИНШТЕЙН

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА АВТОМОБИЛЕЙ

*В статье рассматривается проблема оценки конкурентоспособности, технического уровня и качества технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта автомобилей. Предложена методика оценки конкурентоспособности на основе квалиметрии и элементов имитационного моделирования. Приведены результаты апробации методики по оценке массива автомобильных подъемников.*

**Ключевые слова:** технологическое оборудование, квалиметрия, методика оценки конкурентоспособности

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В сфере идеологии создания и использования технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта (ТОиР) автомобилей имеются нерешенные проблемы, которые можно квалифицировать как методологические. Одной из них, касающейся всех классов технологического оборудования, является несовершенство методов оценки конкурентоспособности, технического уровня и качества образцов, и, в частности, отсутствие процедур аналитического определения весомости основных свойств, что важно не только для выбора и эффективного использования образцов, но и для оценки эффективности конструкторско-технологических решений по видам технологического оборудования.

Сложившаяся практика оценивания технического уровня и качества гаражного оборудования в отрасли базируется либо на экспертных оценках [1] весомости свойств оборудования, что априори субъективно, либо на подходе, постулирующем равновесность свойств оборудования, что также не всегда обосновано [2].

### МЕТОДОЛОГИЯ РЕШЕНИЯ

Для решения задачи разработки методологии оценки конкурентоспособности, технического уровня и качества технологического оборудования за основу взяты элементы классической квалиметрии [3, 4].

При рассматриваемом подходе формируется массив однородного по назначению оборудования, для каждого образца которого требуется найти комплексный показатель технического уровня и качества, а сам массив проранжировать.

Согласно квалиметрии, совокупность свойств, формирующих качество оборудования, разлагается до уровня простых и измеряемых свойств. Комплексный показатель качества  $K_{kj}$  оборудования определяется как среднее взвешенное арифметическое

$$K_{kj} = \sum_{i=1}^n Q_{ij} G_i, \quad (1)$$

где  $Q_{ij}$  – простые свойства оборудования,  $i = 1, \dots, n$  – порядковый номер оцениваемого свойства образца оборудования ( $n$  – количество рассматриваемых свойств оборудования),  $j = 1, \dots, m$  – порядковый номер образца оборудования ( $m$  – количество образцов оборудования в рассматриваемом массиве);

$G_i$  – коэффициенты весомости свойств оборудования.

Поскольку значения отдельных показателей свойств имеют разные единицы измерения, проводится нормирование значений этих показателей по следующей формуле:

$$K_{ij} = \frac{Q_{ij} - q_i^{бр}}{q_i^{эт} - q_i^{бр}}, \quad (2)$$

где  $K_{ij}$  – нормированный (относительный) показатель  $i$ -го свойства  $j$ -го варианта объекта;



В качестве примера для расчетов рассмотрен технологический процесс замены масла в двигателе (без замены масляного фильтра и промывки ДВС), включающий в себя следующие операции: заезд на пост; открытие капота, снятие крышки маслосливной горловины; поднятие автомобиля на двухстоечном подъемнике; вывертывание пробки картера двигателя и слив масла через маслоприемное устройство в емкость; завертывание пробки в картер двигателя; опускание автомобиля с двухстоечного подъемника; залив моторного масла в установленном количестве; проверка уровня масла в двигателе и установка крышки маслосливной горловины; закрытие капота, выезд с поста.

Задавали одинаковый режим работы для всех подъемников: количество смен – 1; время работы – 8 ч; количество рабочих дней в году – 249.

Таблица 1 - Массив исследуемых подъемников и их характеристики

Модель подъемника	Технические характеристики двухстоечных подъемников					Цена, руб.
	Грузоподъемность, т	Время подъема, с	Мощность двигателя, кВт	Габариты, м		
				Ширина	Длина	
NUSSBAUM	2,5	55	2,6	3,16	1,30	64150
OMA-502	3,0	117	3,0	3,02	1,50	95550
OMA-503	3,0	117	3,0	3,02	1,80	113750
OMA-511	3,0	90	2,2	3,28	1,20	122500
П-102	3,0	55	4,2	3,16	1,30	84500
П-97МК	3,0	35	2,2	3,39	1,92	50800
ПЛД-3	3,5	60	2,2	3,22	0,60	47150
ПЛД-5	4,0	38	6,0	3,72	1,40	74850
ПР-5	5,0	55	4,4	3,706	1,95	65000
Z-41	2,7	60	2,2	3,22	0,66	71580
Z-42	2,7	60	1,5	3,20	1,20	93540
Z-51	2,8	45	2,2	3,10	1,50	82200
Z-52	3,0	50	4,4	3,22	1,50	96500
П-97	3,0	40	3,0	3,40	1,25	37400
ПЛГ-3	3,2	63	3,0	3,28	1,20	47950
ПЛД-3-01	3,5	60	2,2	3,26	1,20	51700
ПР-3	5,0	117	3,0	3,44	1,50	47500
AGM G30	3,0	55	2,2	3,40	1,92	108100
Smart Lift 3.0	3,0	36	3,0	3,0	1,20	85900
Smart Lift 3.2	3,2	36	3,0	3,05	1,25	89300
SK 2030	3,0	60	3,6	2,97	1,50	82775
Bend-Pak XL-7C	3,2	45	3,5	2,438	1,854	119500
Bend-Pak XL-7X	3,2	45	3,5	2,756	1,870	122680
Bend-Pak XL-9ACX	4,1	45	3,8	2,438	1,850	138450
Bend-Pak MX-10CX	4,5	45	3,8	2,438	1,850	140900
Bend-Pak MX-12C	5,4	52	5,6	2,667	1,915	156450
Bend-Pak MX-15C	6,8	52	5,6	2,667	1,915	186325
<b>Максимальное</b>	<b>6,8</b>	<b>117</b>	<b>6,0</b>	<b>3,72</b>	<b>1,95</b>	<b>186325</b>
<b>Минимальное</b>	<b>2,0</b>	<b>35</b>	<b>2,2</b>	<b>2,43</b>	<b>0,60</b>	<b>37400</b>

При обосновании загрузки поста рассматривали два характерных случая: неполная и полная загрузка. Первый случай характерен для неавторизованных (не привязанных к какому-либо автодилеру) автосервисов, работающих в условиях свободного рынка, когда постоянная клиентура еще не набрана и нет стабильной загрузки постов.

При недогрузке поста сменно-суточная программа будет зависеть от диапазона функциональных возможностей подъемника, например от его грузоподъемности, и, кроме того, связана со структурой автомобильного парка в регионе. Поясним это на простом примере. Если пост оборудован подъемником грузоподъемностью до 2 т, то на посту могут обслуживаться автомобили снаряженной массой до 2 т. Если грузоподъемность подъемника – 4 т, то на посту могут обслуживаться те же автомобили массой до 2 т плюс автомобили массой до 4 т и т. д., т. е. чем выше грузоподъемность подъемника, тем теоретически больше может быть сменно-суточная программа поста. Однако структура обслуживаемых автомобилей за смену при максимальной загрузке должна примерно соответствовать структуре автопарка в регионе. Учитывая, что в г. Красноярске и его спутниках, по данным ГИБДД, около 380 тыс. автомобилей, из них около 300 тыс. легковых автомобилей и около 30 тыс. автомобилей, снаряженная масса которых – менее 7 т, определяем производственную программу на смену, представленную в таблице 2.

Таблица 2 - Сменно-суточная программа поста при его неполной загрузке

Грузоподъемность подъемника	Количество обслуживаемых автомобилей снаряженной массой							Всего автомобилей в смену
	до 1,8 т	до 2,8 т	до 3,2 т	до 3,7 т	до 4,9 т	до 5,3 т	до 6,6 т	
	Вариант 1 (неполная загрузка поста)							
До 2,5 т	7	–	–	–	–	–	–	7
« 3,0 т	7	1	–	–	–	–	–	8
« 3,5 т	7	1	2	–	–	–	–	10
« 4,1 т	7	1	2	1	–	–	–	11
« 5,0 т	7	1	2	1	1	–	–	12
« 5,5 т	7	1	2	1	1	1	–	13
« 7,0 т	7	1	2	1	1	1	2	15
Трудоемкость замены масла, чел.-ч	0,36	0,375	0,385	0,39	0,395	0,41	0,42	

Таблица 3 - Сменно-суточная программа поста при полной загрузке

Грузоподъемность подъемника	Количество обслуживаемых автомобилей снаряженной массой							Всего автомобилей в смену
	до 1,8 т	до 2,8 т	до 3,2 т	до 3,7 т	до 4,9 т	до 5,3 т	до 6,6 т	
	Вариант 2 (полная загрузка поста)							
Независимо от грузоподъемности подъемника происходит полная загрузка автомобилями, средняя снаряженная масса которых – 1,8 т. Трудоемкость замены масла – 0,36 чел.-ч							Количество автомобилей зависит от времени подъема-опускания и определяется расчетом	

Второй характерный случай функционирования поста – его полная загрузка. Этот случай характерен для авторизованных (фирменных) автосервисов, осуществляющих гарантийное обслуживание автомобилей дилера по предварительной записи и имеющих наработанную клиентуру, что обеспечивает стабильную загрузку постов. При полной загрузке поста и грамотной организации работ сменно-суточная программа будет в большой степени определяться производительностью оборудования.

В рассматриваемом примере полной загрузки поста для простоты формировали сменно-суточную программу однотипными автомобилями снаряженной массой до 1 800 кг для всех подъемников, независимо от их грузоподъемности (табл. 3): легковые автомобили по-

ступают равномерно в течение всего рабочего дня (8 ч), средняя трудоемкость обслуживания – 0,37 чел.-ч. Программа за смену будет зависеть от характеристики подъемника – времени подъема-опускания.

Для каждого из вышерассмотренных условий рассчитывали прибыль за весь нормативный срок эксплуатации (7 лет) для каждой модели подъемника.

Для расчета коэффициентов весомости и комплексного показателя качества проводили подготовительные операции. Производили нормирование оценок показателей свойств каждого подъемника (по исходным данным табл. 1) по формуле (2).

Предварительно, исходя из диапазонов изменения параметров, назначали значения  $q_i^{бр}$  и  $q_i^{эт}$  (браковочное и эталонное значения показателей  $i$ -х свойств подъемников) и сводили их в таблице 4.

Таблица 4 - Браковочные и эталонные значения показателей свойств подъемников

Показатель	Грузоподъемность, т	Время подъема-опускания, ч	Мощность, кВт	Габариты (площадь), м <sup>2</sup>
$q_i^{бр}$	1,5	0,070	1,2	45
$q_i^{эт}$	7,2	0,015	6,5	65

Нормированные значения показателей свойств подъемников заносили в столбцы 2–5 таблицы 5. Расчетную прибыль за весь нормативный срок эксплуатации каждого подъемника при неполной загрузке поста заносили в столбец 6 таблицы 5, а прибыль для случая полной загрузки поста – в столбец 7 таблицы 5 и таким образом получали исходные массивы для вычисления коэффициентов весомости свойств подъемника (табл. 5).

Для нахождения коэффициентов весомости свойств расчетную прибыль подставляли в правую часть уравнений системы (4). В левую часть уравнений построчно подставляли нормированные значения оценок показателей свойств из столбцов 2–5 таблицы 5. Решали систему (4), в которой количество уравнений равно количеству исследуемых моделей подъемников, т. е. числу строк в таблице 5.

Для решения системы использовали стандартные статистические функции приложения Excel, а именно функцию «ЛИНЕЙН».

Таким образом получили уравнение, связывающее свойства оборудования (X1, X2, X3, X4) с прибылью (Y) от его использования при выполнении технологического процесса замены масла в двигателе для условий неполной загрузки поста:

$$4,949513 \cdot X_1 - 0,14166 \cdot X_2 - 0,06756 \cdot X_3 + 0,548059 \cdot X_4 + 0,886338 = Y. \quad (5)$$

Аналогичное уравнение, связывающее свойства оборудования (X1, X2, X3, X4) с прибылью (Y) от его использования для условий полной загрузки поста, будет иметь вид

$$- 0,26347 \cdot X_1 + 0,494189 \cdot X_2 + 0,026269 \cdot X_3 - 0,13574 \cdot X_4 + 3,282216 = Y. \quad (6)$$

Найденные корни уравнений есть коэффициенты весомости свойств гаражного оборудования. Исходя из принятых в квалиметрии представлений о том, что сумма весовых коэффициентов должна быть равна единице либо другой константе (100 %), нормировали найденные значения, разделив каждое из них на сумму их модулей по формуле

$$G_i = G_i / \sum_{i=1}^n |G_i|. \quad (7)$$

Таблица 5 - Нормированные значения показателей свойств двухстоечных подъемников и прибыль от их использования за 7 лет в случае неполной и полной загрузки поста

Модель подъемника	Грузоподъемность, т	Время подъема, ч	Мощность, кВт	Габариты, м <sup>2</sup>	Прибыль, млн. руб.	
					Неполная загрузка поста	Полная загрузка поста
1	2	3	4	5	6	7
NUSSBAUM	0,17543	0,772727	0,735849	0,57	1,94271	3,54525
Z-41	0,21052	0,713291	0,811321	0,665	1,87823	3,24939
Z-42	0,21052	0,713291	0,943396	0,6715	1,82789	3,19887
Z-51	0,22807	0,846582	0,811321	0,71	1,80780	3,35011
OMA-502	0,26315	0,090909	0,660377	0,63	2,40889	3,48007
OMA-503	0,26315	0,090909	0,660377	0,625	2,36649	3,54684
OMA-511	0,26315	0,39899	0,811321	0,5225	2,23217	3,38765
П-102	0,26315	0,772727	0,433962	0,57	2,18711	3,59052
П-97МК	0,26315	0,919192	0,811321	0,48	2,17662	3,57241
Z-52	0,26315	0,767673	0,396226	0,665	2,14842	3,46004
П-97	0,26315	0,883818	0,660377	0,595	2,23853	3,59223
AGM G30	0,26315	0,939618	0,811321	0,595	2,13495	3,50056
Smart Lift 3.0	0,26315	0,939618	0,660377	0,745	2,12398	3,53668
SK 2030	0,26315	0,732673	0,54717	0,76	2,22380	3,60151
ПЛГ-3	0,29824	0,669855	0,660377	0,525	3,09890	3,54304
Smart Lift 3.2	0,29824	0,947091	0,660377	0,615	2,87740	3,47276
Bend-Pak XL-7C	0,29824	0,859709	0,566038	0,855	3,15403	3,15498
Bend-Pak XL-7X	0,29824	0,859709	0,566038	0,73	3,13621	3,42649
ПЛД-3	0,35087	0,714141	0,811321	0,545	3,08473	3,68548
ПЛД-3-01	0,35087	0,713291	0,811321	0,53	3,07288	3,67353
ПЛД-5	0,43859	0,888889	0,09434	0,345	3,29017	3,48312
Bend-Pak XL-9ACX	0,45614	0,859709	0,509434	0,8515	3,50002	3,45135
Bend-Pak MX-10C/X	0,52631	0,859709	0,509434	0,856	3,88517	3,44605
ПР-5	0,61403	0,717172	0,396226	0,03	3,7546	3,55191
ПР-3	0,61403	0,090909	0,660377	0,145	4,16988	3,60215
Bend-Pak MX-12C	0,68421	0,798582	0,169811	0,485	4,38780	3,34122
Bend-Pak MX-15C	0,92982	0,798582	0,169811	0,295	5,11597	3,25556

Допустимость такого нормирования объясняется тем, что при оценивании значимости свойств (при определении коэффициентов весомости) важно знать соотношение свойств (их значимости) между собой, а, с математической точки зрения, соотношение различных показателей между собой не изменится в случае их умножения (или деления) на некоторую константу. В результате нормирования окончательно получали значения весовых коэффициентов, представленные в таблице 6. Заметим, что в соответствии с требованиями квалиметрии здесь сумма весов (модулей) равна единице.

Как следует из таблицы 6, для условий неполной загрузки поста наибольшее значение имеет коэффициент весомости свойства «грузоподъемность» (0,867), так как в данных условиях сменно-суточная программа определяется именно грузоподъемностью. Остальные рассмотренные свойства подъемника имеют значительно меньшие значения коэффициентов весомости: «габаритные размеры» (0,096), «время подъема-опускания» (0,025) и «мощность электродвигателей» (0,029).

Таблица 6 - Коэффициенты весомотности свойств двухстоечного подъемника при неполной и полной загрузке поста

Свойство подъемника	Коэффициенты весомотности нормированные	
	Неполная загрузка поста	Полная загрузка поста
Грузоподъемность	0,867	0,287
Время подъема-опускания	0,025	0,537
Мощность электродвигателя	0,012	0,029
Габаритные размеры	0,096	0,147
<b>Итого</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>

Для условий полной загрузки поста наибольшее значение имеет коэффициент весомотности свойства «время подъема-опускания» (0,537). Далее идут «грузоподъемность» (0,287) и «габаритные размеры» (0,147), наименьший вес имеет свойство «мощность электродвигателя» (0,029).

Таким образом, из полученных результатов следует, что в разных условиях эксплуатации сильнее проявляются и становятся более значимыми те или иные свойства оборудования.

Получив коэффициенты весомотности свойств подъемников, определяли комплексный показатель качества  $K_{kj}$  для каждого  $j$ -го подъемника, с учетом нормированных весовых коэффициентов, по уравнениям

$$0,867 \cdot X_{1j} - 0,025 \cdot X_{2j} - 0,012 \cdot X_{3j} + 0,096 \cdot X_{4j} = K_{kj}, \quad (8)$$

$$- 0,287 \cdot X_{1j} + 0,537 \cdot X_{2j} + 0,029 \cdot X_{3j} - 0,147 \cdot X_{4j} + |K_{kj \min}| = K_{kj}, \quad (9)$$

где слагаемое  $|K_{kj \min}|$  применяется в случае, если  $K_{kj}$  принимает отрицательные значения.

Подставляя в уравнение (8) нормированные значения показателей свойств подъемников, получили значение комплексного показателя качества для каждой модели двухстоечного подъемника при неполной загрузке поста, а по уравнению (9) – для условий полной загрузки поста. Далее строили зависимость прибыли от комплексного показателя качества, анализ которой показал, какая модель подъемника наиболее эффективна и, соответственно, конкурентоспособна в рассмотренных условиях эксплуатации. Уравнение регрессии и статистические параметры модели для условий неполной загрузки поста приведены на рисунке 1. Отметим высокую корреляцию (коэффициент детерминированности  $R^2 = 0,893$ ) параметров. Уравнение регрессии и статистические параметры модели для условий полной загрузки поста приведены на рисунке 2 (коэффициент детерминированности  $R^2 = 0,781$ ).

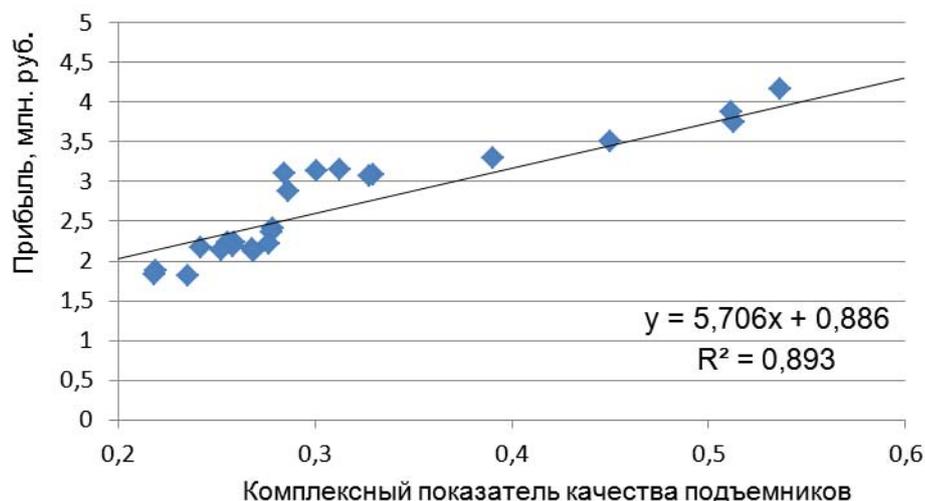


Рисунок 1 - Зависимость прибыли от комплексного показателя качества

подъемников при неполной загрузке поста

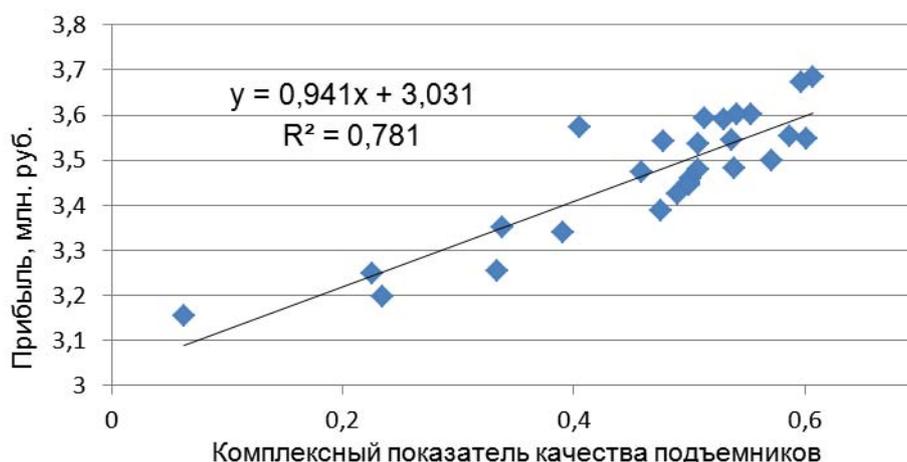


Рисунок 2 - Зависимость прибыли от комплексного показателя качества при полной загрузке поста

Поскольку зависимости близки к линейным, подъемники удобно ранжировать по данному показателю. Ранжированный по комплексному коэффициенту качества массив подъемников для случая неполной и полной загрузки поста приведен в таблице 7.

Проанализировав ранжированный ряд подъемников для условий неполной и полной загрузки поста (табл. 7), можно сделать вывод, что для разных условий загрузки поста (разных условий эксплуатации) наиболее эффективны различные модели: для первого случая эффективными являются образцы с высокой грузоподъемностью, для второго – образцы с малым временем подъема-опускания (высокой скоростью подъема-опускания).

Таблица 7 - Ранжированный по комплексному показателю качества массив подъемников в случае неполной и полной загрузки поста

Неполная загрузка поста			Полная загрузка поста		
Модель подъемника	Прибыль, млн. руб.	Показатель качества	Модель подъемника	Прибыль, млн. руб.	Показатель качества
1	2	3	4	5	6
<b>Bend-Pak MX-15C</b>	5,115967	0,70364	<b>Smart Lift 3.0</b>	3,68548	0,60743
<b>Bend-Pak MX-12C</b>	4,387805	0,53505	<b>П-97МК</b>	3,54684	0,60131
<b>ПР-3</b>	4,169888	0,46429	<b>Smart Lift 3.2</b>	3,67353	0,59716
<b>ПР-5</b>	3,7546	0,44398	<b>Bend-Pak XL-9ACX</b>	3,55191	0,58729
<b>Bend-Pak MX-10CX</b>	3,885171	0,44257	<b>Z-51</b>	3,50056	0,57146
Bend-Pak XL-9ACX	3,500022	0,38951	П-97	3,60151	0,55343
ПЛД-5	3,290174	0,33786	Bend-Pak MX-10CX	3,60215	0,54113
ПЛД-3	3,084736	0,28505	SK 2030	3,48312	0,53860
ПЛД-3-01	3,072882	0,28382	NUSSBAUM	3,54525	0,53652
Bend-Pak XL-7C	3,154036	0,27069	ПЛД-5	3,59052	0,53041
Bend-Pak XL-7X	3,136218	0,26030	Z-42	3,59223	0,51382
Smart Lift 3.2	2,877406	0,24790	Z-52	3,53668	0,50800
ПЛГ-3	3,098902	0,24637	П-102	3,48007	0,50749

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6
OMA-502	2,408896	0,24120	Z-41	3,46004	0,50146
OMA-503	2,36649	0,24078	Bend-Pak XL-7C	3,45135	0,50031
SK 2030	2,223802	0,23938	Bend-Pak XL-7X	3,44605	0,49951
Smart Lift 3.0	2,123981	0,23252	AGM G30	3,42649	0,48982
Z-52	2,148427	0,23227	ПЛГ-3	3,54304	0,47786
OMA-511	2,232176	0,22410	ПЛД-3	3,38765	0,47495
П-102	2,187116	0,22388	ПЛД-3-01	3,47276	0,45861
П-97	2,238538	0,22125	ПР-5	3,57241	0,40479
AGM G30	2,134957	0,21851	Bend-Pak MX-12C	3,34122	0,39089
П-97МК	2,176629	0,20939	OMA-511	3,35011	0,33792
Z-51	1,807807	0,20372	Bend-Pak MX-15C	3,25556	0,33401
Z-41	1,878232	0,18968	OMA-502	3,24939	0,22569
Z-42	1,827899	0,18886	OMA-503	3,19887	0,22454
NUSSBAUM	1,942714	0,15494	ПР-3	3,15499	0,06293

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, полученные результаты оценки технического уровня и качества технологического оборудования показывают, что известные в отрасли методологические подходы к оценке технического уровня и качества гаражного оборудования, основанные на условии равновесности свойств либо на экспертных оценках весомости, не всегда правомерны, в связи с чем представляется целесообразной комплексная оценка технического уровня, качества и конкурентоспособности оборудования на основе квалиметрии с элементами имитационного моделирования.

Оценка эффективности и конкурентоспособности технологического оборудования для ТООП АТС на основе квалиметрии предполагает расчет комплексного показателя качества оборудования по коэффициентам весомости свойств, определяемым аналитическим путем.

Рассчитанные аналитически коэффициенты весомости одних и тех же свойств для различных условий эксплуатации (загрузки поста) принимают различные значения. Это означает, что в различных условиях эксплуатации сильнее проявляются и становятся более значимыми те или иные свойства оборудования.

Изложенный методический подход к оценке конкурентоспособности технологического оборудования, основанный на расчете прибыли по результатам моделирования работы образцов оборудования в конкретных условиях эксплуатации, а также базирующийся на квалиметрии, позволяет связать регрессионной зависимостью показатели экономической группы и группы технических параметров. Данный подход позволяет ранжировать образцы оборудования в исследуемом массиве по комплексному показателю качества, полученному расчетным путем.

Рассчитанный комплексный показатель качества имеет высокую тесноту связи с прибылью от использования технологического оборудования (коэффициент детерминированности – 0,78–0,89; коэффициент корреляции – 0,88–0,94), что подтверждает обоснованность использования его в качестве критерия эффективности и конкурентоспособности технологического оборудования для ТООП АТС.

Анализ технического уровня и эффективности различных видов гаражного оборудования по предложенной методике позволяет оценивать конкурентоспособность образцов, выявлять показатели и свойства, оказывающие наиболее весомое влияние на качество оборудования, и определять пути его повышения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Першин, В. А. Типаж и техническая эксплуатация оборудования предприятий автосервиса [Текст] : учеб. пособие / В. А. Першин, А. Н. Ременцов, Ю. Г. Сапронов, С. Г. Соловьёв. – Ростов н/Д. : Феникс, 2008. – 413 с.
2. Фролов, М. М. Выбор диагностического оборудования для технического осмотра – один из факторов поддержания конструктивной безопасности автомобилей [Текст] / М. М. Фролов, Р. Г. Хабибулин, Д. М. Лысанов // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : сб. докл. междунар. конф., Санкт-Петербург, 14–15 сент. 2004 г. – СПб. : СПбГАСУ, 2004. – С. 349–354.
3. Азгальдов, Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) [Текст] / Г. Г. Азгальдов. – М. : Экономика, 1982. – 256 с.
4. Блянкинштейн, И. М. Оценка конкурентоспособности технологического оборудования для технического обслуживания и ремонта автомобилей [Текст]: учеб. пособие / И. М. Блянкинштейн. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2010. – 100 с.

**Блянкинштейн Игорь Михайлович**

Сибирский федеральный университет

Адрес: 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79

Канд. техн. наук, доцент кафедры «Транспорт»

Тел.: +7(913)5293647

E-mail: blyankinshtein@mail.ru

---

I. M. BLYANKINSHTEYN

## COMPETITIVENESS ASSESSMENT METHOD OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR VEHICLES TECHNICAL SERVICE

*This article deals with the problem of competitiveness assessment, technical level and quality of technological equipment for maintenance and repair of vehicles. The method of assessment is based on qualimetry and elements of simulation. Determination of the technological equipment properties ponderability is carried out analytically. Results of testing techniques due to assessment of the array of vehicle lifts are considered.*

**Keywords:** technological equipment qualimetry, method of estimating the competitiveness

## BIBLIOGRAPHY

1. Pershin, V. A. Tipazh i tekhnicheskaya ekspluatatsiya oborudovaniya predpriyatij avtoservisa [Tekst] : ucheb.posobie / V. A. Pershin, A. N. Rementsov, YU. G. Sapronov, S. G. Solov`iov. - Rostov n/D. : Feniks, 2008. - 413 s.
2. Frolov, M. M. Vybora diagnosticheskogo oborudovaniya dlya tekhnicheskogo osmotra - odin iz fakto-rov podderzhaniya konstruktivnoy bezopasnosti avtomobiley [Tekst] / M. M. Frolov, R. G. Habibulin, D. M. Lysanov // Organizatsiya i bezopasnost` dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh : sb. dokl. mezhdunar. konf., Sankt-Peterburg, 14-15 sent. 2004 g. - SPb. : SPbGASU, 2004. - S. 349-354.
3. Azgal`dov, G. G. Teoriya i praktika otsenki kachestva tovarov (osnovy kvalimetrii) [Tekst] / G. G. Azgal`dov. - M. : Ekonomika, 1982. - 256 s.
4. Blyankinshteyn, I. M. Otsenka konkurentosposobnosti tekhnologicheskogo oborudovaniya dlya tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta avtomobiley [Tekst]: ucheb. posobie / I. M. Blyankinshteyn. - Krasnoyarsk : Sib. feder. un-t, 2010. - 100 s.

**Blyankinshteyn Igor Mihajlovich**

Siberian Federal University

Address: 660041, Krasnoyarsk, etc. Free, 79

Candidate. Technical. Sciences, Associate Professor of "Transport"

Tel.: +7(913)5293647

E-mail: blyankinshtein@mail.ru

Е. В. ПУХОВ

## ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПЕРАТИВНОГО УЧЕТА И УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

*Показана необходимость совершенствования процессов утилизации отработавших компонентов автомобильного транспорта для предприятий технического сервиса. Предложены организационные мероприятия, направленные на повышение эффективности переработки вторичных материалов, охрану и защиту окружающей среды. Представлено решение по формированию потока отходов на предприятиях технического сервиса, учитывающее изменение производственной программы, технологии выполняемых работ.*

**Ключевые слова:** отходы автомобильного транспорта, эксплуатация транспортных и технологических машин, предприятия технического сервиса, ресурсосбережение.

В процессе эксплуатации транспортных и технологических машин образуются ценные вторичные материалы (резина, масла, пластмассы и др.), утилизация (переработка и использование) которых в зарубежных странах является весьма прибыльным бизнесом.

С одной стороны первоначальный сбор и накопление отработанных материалов осуществляется на территориях предприятий, осуществляющих эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт машин. Предприятия, выполняя требования нормативно-технической документации, несут постоянные затраты на обращение с отходами (организуют площадки по их накоплению и хранению, осуществляют сбор отходов, платежи за вывоз и переработку) [1,2]. Обращение с отработавшими материалами осуществляется по принципу *соблюдения требований* к организации мест (площадок) сбора отходов по их видам, ведения журнала учета фактического образования и вывоза каждого вида отходов, *предоставления отчетности* в контролирующие органы власти. Отчёты по отходам формируются в двух видах: в виде норматива (прогноза) объёмов по укрупнённым нормативам и в виде фактически собранных объёмов по каждому отходу.

С другой стороны в Российской Федерации действуют и появляются новые предприятия по переработке отработанных материалов. Однако их рост и развитие осложнено действующей системой учета образования отходов, где исходят из укрупненных норм или приближенных методик расчета не учитывающих изменение производственной программы, технологии выполняемых работ, структуры парка подвижного состава, технического оснащения и реконструкции предприятий, и других факторов, оказывающих влияние на количество и номенклатуру образующихся отработанных материалов. Так, в ходе исследований, на примере ГУП «Воронежское пассажирское автотранспортное предприятие» был проведен анализ образования отходов с 2007 года (табл.1).

Полученные результаты показывают значительное отклонение количества отходов образующихся в реальности от проектных расчетов. Так, по отдельным видам отходов отклонение от нормативных значений составляет десятикратную величину. Общее количество реально образованных отходов в весовом выражении составляет около 39, 57, 77, 94 и 107,97 % соответственно в 2007 – 2011 г, что подтверждает необходимость совершенствования учета сбора и накопления отходов технического сервиса.

Видно, что существующая система учета и сбора отходов не организована в комплексе, как единая система, что не позволяет развивать ресурсосберегающие технологии, выявлять пути снижения затрат на обращение с отходами, повышать эффективность раздельного сбора отходов.

Таблица 1 – Количество образования отходов на ГУП "Воронежское ПАТП № 3" в период с 2007 по 2011 г.

Наименование	2007 г,		2008 г,		2009 г.,		2010 г,		2011 г.		Норматив, т/год
	т/год	% от норматива	т/год	% от норматива							
1 Кислота аккумуляторная	0,198	117,8	0,721	429,1	1,213	722,0	0,612	364,2	0,76	449,40	0,168
2 Аккумуляторы	0,541	78,6	2,74	398,2	3,911	568,4	1,486	215,9	1,36	197,09	0,688
3 Масла промышленные	0,049	23,1	0,61	287,7	1,32	622,6	0,65	306,6	1,06	500,00	0,212
4 Масла моторные	2,1	66,6	3,694	117,1	16,88	535,3	4,7	149,0	6,60	209,32	3,153
5 Масла трансмиссионные	0,31	86,1	0,496	137,7	3,62	1005,5	0,8	222,2	2,84	788,89	0,36
6 Шины пневматические	3,9	15,9	6,241	25,5	4,621	18,9	0,84	3,4	0,85	3,48	24,406
7 Лом черных металлов	21,678	81,8	28,361	107,1	31,271	118,1	71,015	268,2	79,20	299,12	26,477
8 Стекланный бой	0,056	147,3	0,072	189,4	0,0853	224,4	0,039	102,6	0,04	100,00	0,038
9 Резиновые изделия	0,07	31,3	0,145	64,9	0,0303	13,5	0,223	99,8	0,03	11,20	0,22328
10 Тормозные колодки	0,357	54,5	0,361	55,1	0,21	32,0	0,178	27,1	0,26	39,24	0,655
11 Абразивные круги	0,026	22,8	0,08	70,1	0,03	26,3	0,114	100,0	0,18	154,39	0,114
12 Остатки и огарки электродов	0,037	14,8	0,58	232,0	0,106	42,4	0,0698	27,9	0,06	22,40	0,25
13 Ртутные лампы	0,087	111,5	0,068	87,1	0,085	108,9	0,078	100,0	0,04	46,15	0,078
14 Обтирочный материал	0,1	6,6	0,128	8,4	0,17	11,2	0,22	14,6	0,18	11,94	1,507
15 Всплывающая пленка из нефтепродуктов	2,44	15,2	2,6	16,2	0,7	4,3	0,15	0,9	0,30	1,88	15,987
16 Песок, загрязненный маслами	1,04	1625	0,06	93,7	0,43	671,8	0,064	100,0	0,11	171,88	0,064
17 Абразивная пыль и порошок от шлифования	0,172	51,1	0,296	88,1	0,318	94,6	0,336	100,0	0,36	106,85	0,336
18 Отходы тканей, старая одежда	0,161	49,5	0,397	122,1	0,04	12,3	0,038	11,6	0,03	9,85	0,325
19 Пыль древесная от шлифования натуральной чистой древесины	0,254	60,4	0,254	60,4	0,125	29,7	0,42	100,0	0,00	0,00	0,42
20 Стружка черных металлов	0,24	2,0	1,36	11,5	1,98	16,7	0,342	2,9	0,74	6,27	11,794
21 Обрезь натуральной чистой древесины	0,33	47,0	0,26	37,0	0,1056	15,0	0,33	47,0	0,00	0,00	0,702
<b>Итого</b>	<b>34,146</b>	<b>38,8</b>	<b>49,524</b>	<b>56,3</b>	<b>67,251</b>	<b>76,4</b>	<b>82,704</b>	<b>94,03</b>	<b>94,97</b>	<b>107,97</b>	<b>87,957</b>

Сложная задача по определению объемов образующихся материалов, доступности вторичного сырья и планирования загрузки перерабатывающих производств, требует получение достоверной информации в «режиме реального времени». Решение данной задачи возможно с помощью информационных систем, на основе интеграции оперативного учета образования отходов и управленческого в единой информационной базе предприятия.

Существующие технологические процессы технического обслуживания и ремонта (ТО и

Р), отраженные в технологических картах, учитывают трудоемкость выполняемых работ, используемое оборудование и инструменты, квалификацию исполнителя, место выполнения. В то же время отсутствует информация об образовании соответствующего отхода при выполнении отдельно взятой операции, не отслеживается непосредственно на рабочем месте объем получаемого отхода и дальнейшее перемещение на производственном участке, в цехе, на территориальном накопителе предприятия.

Стоит отметить, что на фирменных станциях технического обслуживания как отечественных, так и иностранных производителей транспортных и технологических машин отлажена система автоматизированного учета выполняемых работ. На этой основе начисляется заработная плата исполнителей, анализируется деятельность предприятия, принимаются управленческие решения. Но и в этом случае наблюдается отсутствие данных по номенклатуре и объему образующихся отходов. Внедрение таких данных в технологические процессы ТО и Р и автоматизация учета выполняемых операций дает возможность решения поставленной задачи. Схема структуры сбора и накопления отработанных компонентов транспортных и технологических машин представлена на рисунке 1.

Основополагающим источником образования отходов является техническое средство (автомобиль, трактор, комбайн и др.) **пункт 1**. Для него свойственны технические параметры, влияющие на количество образующихся отходов, такие как объем эксплуатационных жидкостей, марка и количество подвижного состава, срок эксплуатации, периодичность проведения технического обслуживания и ремонта, ресурс деталей, узлов, используемых материалов и всего изделия в целом, стоимость и состав материалов и запасных частей.

Образование отходов **пункт 2** относится к технологическим операциям, выполняемым при проведении ТО и Р. В идеальном случае, при соблюдении технологического процесса, образование отходов может быть определено в результате осуществления отдельно выполняемой операции.

Например, комплекс работ по ТО и Р является неотъемлемой составляющей полноценного использования ресурса, заложенного в техническом средстве [3]. В структуру ТО входят группы работ не сопровождаемые снятием узлов, механизмов и агрегатов или их частичной разборкой: ежедневное обслуживание (ЕО), ТО-1; и работы, сопровождаемые снятием узлов, механизмов и агрегатов: ТО-2. К их числу относятся уборочно-моечные (УМП), заправочные (З), контрольно-диагностические (КД) и другие технологические операции. При уборочно-моечных работах образуется нефтяная пленка и загрязненный песок, при заправочных – пустая пластиковая тара и также, возможно, загрязненный песок и т.д.

Для ремонта, выполняемого как комплекс операций по восстановлению исправного или работоспособного состояния подвижного состава и его составных частей, подразделяемого на текущий (ТР) и капитальный (КР), определяются виды отходов для каждого из видов постовых и участковых работ, к примеру, при сварочных работах образуются остатки электродов, шлак и т.д.

В случае КР подвижного состава, агрегатов и узлов образование потоков отходов происходит в результате выполнения технологических операций, предусматривающих полную разборку объекта ремонта, дефектацию, восстановление или замену составных частей, сборку, регулировку, испытание [4].

Видно, что в процессе выполнения соответствующих воздействий по ТО и Р рабочее место выступает в роли отправной точки образования потока того или иного отхода, что формирует структуру накопителей **пункт 3** (рис. 1). При выполнении технологического воздействия на машину, исполнитель должен поместить отработанные материалы в специальные накопители (контейнеры), расположенные на производственном участке или непосредственно на рабочем месте. Из внутрицеховых накопителей отходы перемещаются в заводские накопители, расположенные на территории предприятия, и в последующем перевозятся на утилизирующие предприятия. Ясно, что рабочие места и производственные подразделения должны обеспечить удобство и доступность пользования накопителями для каждого отхода,

защиту окружающей среды.



*Рисунок 1 – Схема структуры сбора и накопления отработанных компонентов транспортных и технологических машин*

Форма реализации оперативного учета отходов на предприятиях автомобильного транспорта представлена в виде таблицы 2. Согласно предложенной форме на предприятии технического сервиса определяются виды выполняемых работ, устанавливается перечень отработанных материалов, далее проводится расчет его массово-объемных характеристик по известным методикам или эмпирическим путем. Обобщенно количество того или иного отработанного материала можно описать следующей формулой

$$M_{ijk} = M_{i1} + M_{i2} + \dots + M_{in-1} + M_{in} = \sum_{j=1}^n M_{ij} = M_{ij1} + M_{ij2} + \dots + M_{ijt-1} + M_{ijt}$$

$$= \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^t M_{ijk},$$

где  $M_{ijk}$  – суммарная масса  $i$ -го отхода (масла, шины, аккумуляторы и др.) при  $j$ -ой группе работ (ЕО, ТО-1, ТО-2 и т.д.)  $k$ -ого вида технологического воздействия (УМР<sub>ЕО</sub>, ЗЕО, КД<sub>ЕО</sub> и т.д.), кг.

Представленная форма учета образующихся отходов позволяет собирать данные и проводить анализ образования вторичных материалов с учетом особенностей отдельного предприятия в зависимости от выполняемых технологических операций.

На основе получаемых результатов, обосновывается структура топологии накопителей (контейнеров) и их объемов как непосредственно в местах образования отходов, так и на накопительных площадках. Становится возможным: гибкий и оперативный учет и контроль за объемами образования отходов в зависимости от изменения производственной программы, техноло-

гии выполняемых работ; обоснование экономической эффективности раздельного сбора ценных вторичных ресурсов и мероприятий по защите и охране окружающей среды.

Таблица 2 – Форма структуры оперативного учета отходов от эксплуатации машин на предприятиях технического сервиса (на примере ТО и ТР)

Автомобиль	Марка автомобиля		Пробег			Водитель	... и т.д.
Вид отхода	Вид работ						
	ТО				ТР		
	ЕО		ТО-1		ТО-2	Постовые работы ТР <sub>ПРТР</sub>	... и т.д. до <i>j</i> -ой группы работ
	УМР <sub>ЕО</sub>	З <sub>ЕО</sub>	...	...	...	С <sub>ПРТР</sub>	... т.д. до <i>k</i> -ого вида технологического воздействия
1 Масла моторные обработанные	-	+	...	...	...	-	...
2 Пластмассовая тара	+	+	...	...	...	-	...
3 Аккумуляторные батареи	-	+	...	...	...	-	...
...	...	...	...	...	...		
И т.д. до <i>i</i> -того вида отходов	...	...	...	...	...	...	...
Расчет массы соответствующего отхода	...	...	...	...	...	...	...
Определение объема накопителя	...	...	...	...	...	...	...

Примечание: «+» и «-» соответственно, наличие или отсутствию рассматриваемого отхода при выполнении технологической операции

Основываясь на выше изложенном, можно сделать следующие основные выводы:

- существующий учет образования отходов транспортных и технологических машин направлен на контролирование и определение лимитов (нормативов) размещения отходов на предприятиях и не стимулирует повышение эффективности раздельного сбора и переработки вторичных материалов;

- требуется дополнить содержание выполняемых технологических процессов ТО и ТР информацией о номенклатуре и количестве отходов при выполнении каждой отдельно взятой технологической операции, а рабочие места оснастить накопителями вторичных материалов;

- использование предложенной гибкой формы оперативного учета количества и номенклатуры образования отходов, учитывающей изменение производственной программы, реконструкцию и техническое перевооружение предприятия, особенности выполняемых работ того или иного предприятия (тип подвижного состава, пробег и др. характеристики) повысит инвестиционную привлекательность утилизирующих (перерабатывающих) производств;

- предложенные решения являются основой формирования оперативного учета и управления отходами и информационной базы по вышедшим из эксплуатации материалам на предприятиях технического сервиса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пухов, Е. В. Анализ нормативно-правового обеспечения процесса утилизации транспортных и технологических машин [Текст] / Е. В. Пухов // Международный научный журнал. – 2011. – № 5. – С.111–114.
2. Закон Российской Федерации «Об отходах производства и потребления» [Электронный ресурс]: федер. закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ ФЗ : принят Гос. Думой ФС РФ 22.05.1998 (ред. от 19.07.2011). – 10 с. // ИПС КонсультантПлюс.
3. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта Минавтотранс РСФСР [Текст]. – М : Транспорт, 1985. – 144 с.
4. Шадричев, В. А. Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей [Текст] / В. А. Шадричев – Л : Машиностроение, 1976. – 144 с.

### **Пухов Евгений Васильевич**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежская государственная лесотехническая академия

Адрес: 394087, г.Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

Канд. техн. наук, доцент кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин

Тел. +7(905)6556671

E-mail: puma231@yandex.ru

---

E. V. PUHOV

## **FORMATION BASES OF BUSINESS ACCOUNTING AND WASTE MANAGEMENT AT THE ENTERPRISES OF TECHNICAL SERVICE**

*The necessity of updating processes of recycling of used components of automobile transport at the enterprises of technical service is shown. The organizational arrangements which are focused on increasing efficiency factor of recycling of recoverable materials, environment protection are suggested in this article. The solution which is connected with waste stream building-up consulting the change of production program and technical process of active job at the enterprises of technical service is performed.*

**Key words:** automobile transport waste, running of transport and technological engines, enterprises of technical service, resource conservation.

## **BIBLIOGRAPHY**

1. Pukhov, E. V. Analiz normativno-pravovogo obespecheniya protsessa utilizatsii transportnykh i tekhnologicheskikh mashin [Tekst] / E. V. Pukhov // Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. - 2011. - № 5. - S.111-114.
2. Zakon Rossiyskoy Federatsii "Ob otkhodakh proizvodstva i potrebleniya" [Elektronnyy resurs]: fe-der. zakon ot 24.06.1998 № 89-FZ FZ : prinyat Gos. Dumoy FS RF 22.05.1998 (red. ot 19.07.2011). - 10 s. // IPS Konsul`tantPlyus.
3. Polozhenie o tekhnicheskoy obsluzhivaniy i remonte podvizhnogo sostava avtomobil`nogo transporta Minavtotrans RSFSR [Tekst]. - M : Transport, 1985. - 144 s.
4. Shadrichev, V. A. Osnovy tekhnologii avtostroeniya i remont avtomobiley [Tekst] / V. A. Shadrichev - L : Mashinostroenie, 1976. - 144 s.

### **Puhov Evgeniy Vasilevitch**

Voronezh State Forestry Academy

Address: 394087, Voronezh, ul. Timiryazev, 8

Cand. of Technical Sciences, assistant professor of production, maintenance and operation of machines

Tel.: +7(905)6556671

E-mail: puma231@yandex.ru

*Адрес учредителя:*

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»  
302020, г.Орел, Наугорское шоссе, 29  
Тел. (4862)42-00-24  
Факс (4862)41-66-84  
www.gu-unpk.ru  
E-mail: unpk@ostu.ru

*Адрес редакции:*

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс»  
302006, г.Орел, ул. Московская, 77  
Тел. +7(4862)734362, +7(4862)434890  
www.gu-unpk.ru  
E-mail: tvk5876@rambler.ru, srmostu@mail.ru

Материалы статей печатаются в авторской редакции

Право использования произведений предоставлено авторами на основании  
п.2 ст. 1286 Четвертой части Гражданского Кодекса Российской Федерации

Технический редактор Акимочкина И.В.  
Компьютерная верстка Акимочкина И.В.

Подписано в печать 20.06.2012

Формат 70x108 1/16.

Усл. печ. л. 9,2

Тираж 500 экз.

Заказ № \_\_\_\_\_

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе  
ФГБОУ ВПО «Госуниверситет-УНПК»  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65.