



Научно-
технический
журнал

Орловского государственного
технического университета

Выходит четыре раза в год

№ 2/25(557)2009

апрель-июнь

Мир транспорта и технологических машин

Издается с 2003 года. Учредитель – ГОУ ВПО «ОрелГТУ»

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.
Члены редакционного совета

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.

Редколлегия:

Агуреев И.Е. д-р техн. наук, проф.

Бондаренко Е.В. д-р техн. 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.

Сазонов С.П. канд. техн. наук, проф.

Ушаков Л.С. д-р техн. наук, проф.

Ответственный за выпуск:

Недолужко В.В.

Адрес редколлегии:

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
(4862) 73-43-50, 43-48-90

www.ostu.ru

E-mail: Sirm@ostu.ru

Зарегистрировано в Министерстве
Российской Федерации по делам
печати, телерадиовещания и средств
массовой информации. Свидетельство:
ПИ № 77-15496
от 20 мая 2003 года

© ОрелГТУ, 2009

ISSN 2072-8964.

Свидетельство о регистрации средства
массовой информации
ПИ № ФС77-35333 от 17.02.2009г.

Содержание

Эксплуатация, ремонт, восстановление

<i>Агуреев И.Е.</i> Нелинейные модели транспортных систем.....	3
<i>Бакаева Н.В., Кулев А.В.</i> Интеграция мнения специалистов при принятии управленческих решений в техническом сервисе автомобилей.....	17
<i>Бодров А.С., Ломакин Д.О.</i> Программно-целевые подходы к управлению качеством автосервисных услуг.....	28
<i>Гусев Г.А.</i> Встроенное средство диагностирования электромагнитных форсунок бензиновых двигателей с распределенными системами впрыска.....	35
<i>Жуков В.В.</i> Термоиспытания МДО-покрытий сформированных на восстановленных деталях ДВС автомобилей.....	40
<i>Колмыков Д.В., Серебровский А.А., Колмыков В.И.</i> Опыт восстановления деталей ходовой части автомобилей цементированными железохромистыми покрытиями.....	43
<i>Недолужко В.В.</i> Перспективы применения порошковых красок при окрашивании автомобилей.....	50
<i>Серебровский В.И., Серебровский В.В., Колмыков Д.В.</i> Использование железных гальванических покрытий, легированных вольфрамом и молибденом, для повышения эксплуатационных свойств восстановленных деталей.....	55
<i>Трефилов М.А., Дамзен В.А.</i> Определение диагностических параметров для поврежденных шин транспортных средств.....	61

Технологические машины

<i>Каманин Ю.Н., Белоусов Г.А.</i> Моделирование куска породы при ударном нагружении минерального массива.....	65
<i>Корнеев Ю.С., Гордон В.А., Корнеева Е.Н., Кобцев Б.Г., Корнеева Т.Ю.</i> Профилирование упорного диска пускозащитной муфты.....	69
<i>Кравченко В.А., Абдурашитов А.И.</i> Демпфирующие устройства ударно-скальвающего исполнительного органа.....	74
<i>Ределин Р.А., Щекочихин А.В., Фабричный Н.Д.</i> Комплекс для испытания гидроударников.....	78
<i>Умняшкин В.А., Чепикова Т.П., Красильников С.Н.</i> Исследование характеристик замкнутой дифференциальной гидростатической передачи с внутренним разделением потока мощности.....	82

Вопросы экологии

<i>Ивацук О.А., Бондаренко Е.В.</i> Автоматизированное управление экологической безопасностью потоков автотранспорта.....	92
<i>Лапин А.П., Новиков А.Н., Глухов А.А., Садыков Р.Р.</i> Восстановление загрязненной нефтью и нефтепродуктами почвы.....	105
<i>Трясцин А.П.</i> Методологические особенности анализа и оценки риска при перевозке опасных грузов автомобильным транспортом..	114

Образование и кадры

<i>Букалова Г.В., Новиков А.Н.</i> Проблема нормирования результата профессионального образования.....	122
<i>Лецинский М.Б., Мартыненко В.В.</i> Некоторые аспекты использования моделей технических объектов при инженерной подготовке.....	131
<i>Рожкова Н.В.</i> Некоторые аспекты преподавания культурологии у студентов технических специальностей.....	137



The scholarly
journal
of the Orel State
Technical
University
Quarterly review

№ 2/25(557)2009

April – June

world of transport and technological machinery

published since 2003. Founder - OrelSTU

Editorial Council:

V.A. Golenkov *Doc.Sc.Tech., Prof.*

Chairman

S.Y. Radchenko *Doc.Sc.Tech., Prof. Vice-Chairman*

M.I. Borzenkov *Can. Sc. Tech., Prof.*

Members of the Editorial Council

V.I. Kolchunov *Doc.Sc. Tech., Prof.*

I.S. Konstantinov *Doc.Sc.Tech., Prof*

A.N. Novikov *Doc.Sc. Tech., Prof*

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

Y.S. Stepanov *Doc.Sc.Tech., Prof..*

Editor-in-Chief

Novikov A.N. *Doc.Sc.Tech., Prof*

Editorial Board:

I.E. Agureyev *Doc.Sc.Tech., Prof.*

E.V. Bondarenko *Doc.Sc.Tech.*

O.N. Didmanidze *Doc.Sc.Tech.*

V.A. Korchagin *Doc.Sc.Tech.*

A.P. Lapin *Doc.Sc.Tech., Prof.*

E.A. Puchin *Doc.Sc.Tech., Prof..*

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

Y.V. Rodionov *Doc.Sc.Tech., Prof.*

S.P. Sazonov *Can.Sc.Tech., Prof.*

L.S. Ushakov *Doc.Sc.Tech..Prof.*

Responsible for edition:

Nedoluzhko V.V.

Address:

302020, Orel, Naugorskoye Sh, 29

(4862) 43-48-90, 41-98-48, 55-55-24,

41-98-21

www.ostu.ru

E-mail: srmostu@mail.ru

The journal is registered in the State
Committee for Publications of the Russian
Federation

Registration Certificate

ПН № 77-15496

Issued on May 20, 2003

© OrelSTU, 2009

ISSN 2072-8964

The certificate of registration

ПН № ФС77-35333 from 17.02.2009.

Contents

Operation, Repair, Restoration

<i>I.E. Agureyev</i> Non-linear models of transport systems.....	3
<i>N.V. Bakayeva, A.V. Kulev</i> Specialists' opinion integration at decision making in management while motor-car maintenance.....	17
<i>A.S. Bodrov, D.O. Lomakin</i> Program-purposeful approaches to management of motor-car service quality.....	28
<i>G.A. Gusev</i> Built-in testing for electromagnetic injectors of internal combustion engines with the distributed fuel injection system.....	35
<i>V.V. Zhukov</i> Thermo-testing MDO-coatings on reconditioned components of motor-car internal combustion engines.....	40
<i>D.V. Kolmykov, A.A. Serebrovsky, V.I. Kolmykov</i> Experience in parts reconditioning through case-hardened iron-chromium coatings for motor-car running gear.....	43
<i>V.V. Nedoluzhko</i> Outlooks in powdered paints use for motor-car colouring.....	50
<i>V.I. Serebrovsky, V.V. Serebrovsky, D.V. Kolmykov</i> Use of iron-metal plating doped with tungsten and molybdenum for functional performance increase of reconditioned parts.....	55
<i>M.A. Trefilov, V.A. Damzen</i> Diagnostic parameters definition for damaged motor-car tyres.....	61

Technological Machinery

<i>Y.N. Kamanin., G.A. Belousov</i> Rock separation modeling at mineral massif shock loading	65
<i>Y.S. Korneyev, V.A. Gordon, E.N. Korneyeva, B.G. Kobtsev, T.Y. Korneyeva</i> Profiling thrust-disk of staring-protective muff	69
<i>V.A. Kravchenko A.I, A.I. Abdurashitov,</i> Damping devices for actuator percussion-chipping	74
<i>R.A. Redelin, A.V. Shchekochikhin, N.D. Fabrichny</i> System for hydraulic hammer testing.....	78
<i>V.A. Umnyashkin, T.P. Chepikova, S.N. Crasilnikov</i> Research of the characteristics of the closed differential hydrostatic gear with the inner division of the power flow.....	82

Ecological Problems

<i>O.A. Ivashchuk, E.V. Bondarenko</i> Automated control of ecological safety in traffic streams.....	92
<i>A.P. Lapin., A.N. Novikov., A.A. Glukhov, R.R. Sadykov</i> Recovery of soil contaminated with petroleum and mineral oil products.....	105
<i>A.P. Tryastin.</i> Methodological peculiarities in analysis and estimation of risks at dangerous load trucking.....	114

Education and Personnel

<i>G.V. Bukalova, A.N. Novikov</i> Problems in regulation of results in vocational training.....	122
<i>M.B. Leshchinsky, V.V. Martynenkov</i> Some aspects of model use of technical objects at engineering training.....	131
<i>N.V. Rozhkova.</i> Some aspects of culture science teaching for technical students.....	137

ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ, ВОССТАНОВЛЕНИЕ

УДК 519.86: 656.13: 537.8

И.Е. АГУРЕЕВ

НЕЛИНЕЙНЫЕ МОДЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

На основе системного подхода рассматривается обобщенная транспортная макросистема, которая относится к крупному населенному пункту и выражается в виде совокупности моделей грузового склада, пассажирской остановки (автостанции), участка улично-дорожной сети и конкурирующих перевозчиков. Подсистемы также описаны на макроуровне и имеют вид нелинейных систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Полученные модели относятся к классу поведенческих и могут использоваться при решении задач управления, диагностирования качественных состояний транспортных систем, их устойчивости и пути эволюции.

Ключевые слова: транспортные системы; устойчивость транспортных систем; моделирование; системный подход.

On the basis of the system approach the generalized transport macro-system is considered which belongs to a large settlement and represents as a totality of models of a freight depot, passenger stop (bus terminal), an area of a street traffic system and competitive transportation facilities. The subsystems are also described at the macro-level and have a kind of non-linear systems of common differential equations. The models obtained belong to a behaviour class and can be used for the solution of problems in control, qualitative state diagnosis of transport systems, their stability and ways of development.

Keywords: transport systems, stability of transport systems, modeling, system approach.

1. Введение

В соответствии с положениями нелинейной динамики в некоторых моделях обнаружены стационарные состояния, предельные циклы, странные (хаотические) аттракторы, эволюция которых подчиняется известным сценариям каскадов бифуркаций удвоения периода, субгармонических и гомоклинических каскадов. Найдены решения типа «контрастных структур», которые могут быть представлены как стратегии управления запасами (для грузового склада). Обсуждаются проблемы и пути дальнейшего использования представленных моделей.

При описании транспортных процессов и систем [1-7] используется значительное разнообразие подходов и математических методов. Это обусловлено, с одной стороны, различием целей и задач, решаемых в конкретных ситуациях. С другой стороны, любая транспортная система (ТС) состоит из целого множества элементов, определяющих сложность ее структуры и/или поведения: транспортные средства; предприятия, осуществляющие грузовые и/или пассажирские перевозки; транспортная сеть; пункты погрузки-разгрузки; грузовой склад (терминал), логистические центры и т.п.; пассажирский вокзалы (станции, остановки и т.п.); перевозочный (транспортный) процесс; поток транспортных средств и др.

Отличительными особенностями почти любой из перечисленных подсистем являются: наличие большого числа однородных элементов или элементов разной природы; дискретность состояний; наличие потоков случайных событий и случайных процессов. В качестве теоретических

основ для моделирования перечисленных объектов применяются чаще всего аппараты теории линейного (нелинейного, динамического) программирования, массового обслуживания, управления запасами, игр и т.д. При этом делаются предположения либо о полностью детерминированном функционировании систем (например, в случае решения разнообразных транспортных задач линейного программирования), либо о вероятностном характере происходящих процессов (в большинстве других случаев). Подход, который используется в теории макросистем [3, 5], позволяет расширить указанные рамки и допускает детерминированное поведение систем, состоящих из элементов со стохастическим типом поведения.

Рассмотрим подход, позволяющий ставить и решать задачи моделирования ТС на макроскопическом уровне, когда представление ТС допускает абстрагирование от описания отдельных элементов. Основной задачей при этом будет являться характеристика поведения системы в целом и анализ особых состояний ТС. В основе описания используются положения нелинейной динамики [9], в рамках которой рассматриваются неравновесные состояния систем. Любая транспортная система может находиться в неравновесных состояниях. Иллюстрируя это условие для ТС, можно привести следующий пример. Неравновесная термодинамика трактует, что причинами перехода открытых систем в состояния, далекие от равновесия, являются потоки (энергии, вещества, информации). Рассмотрим ТС, состоящую из пассажиропотоков и потоков общественного транспорта в крупном населенном пункте. Состояние равновесия для каждого вида потоков означает равенство их нулю. Другое состояние равновесия, более интересное для практики, соответствует «обычным» условиям функционирования ТС, когда оба вида потока примерно соответствуют друг другу, уравнивая в среднем «спрос» и «предложение» на пассажирские перевозки. Можно представить ситуацию резкого возрастания «спроса» на перевозки в течение одного дня, когда потоки транспорта не способны быстро прийти в соответствие. При этом транспортные средства эксплуатируются с превышением допустимых норм наполняемости салона, могут происходить нарушения в расписании движения и т.п. Подобные особые состояния мы и называем в рамках нелинейного подхода *неравновесными* для ТС. Можно существенно расширить этот список.

На рис.1 приведена схема транспортной макросистемы S_0 , где S_{01} – грузовой склад; S_{02} – пассажирская остановка; S_{03} – участок улично-дорожной сети; S_{04} – гараж (парковка, автотранспортное предприятие и т.п.); $S_{Г1}$ – грузоотправитель; $S_{Г2}$ – грузополучатель; $S_{П1}$ – место проживания пассажиров; $S_{П2}$ – место работы пассажиров и приобретения услуг.

Все перечисленные элементы также могут, в свою очередь, рассматриваться как макросистемы. Например, макросистема S_{02} состоит из

всех остановочных пунктов города. Каждый из них описывается собственными переменными, имеющими смысл случайной величины, такими как число пассажиров, число автобусов, находящихся на остановке, число свободных мест в транспортном средстве (см. п.2.2). Складывая значения переменных в один и тот же момент времени, получаем описание системы в целом. Учитывая коллективный характер такого описания, можем предположить проявление детерминированных связей, эффектов самоорганизации, синхронизации функционирования отдельных элементов и т.д. Аналогичное допущение действует на подсистему S_{01} и др.

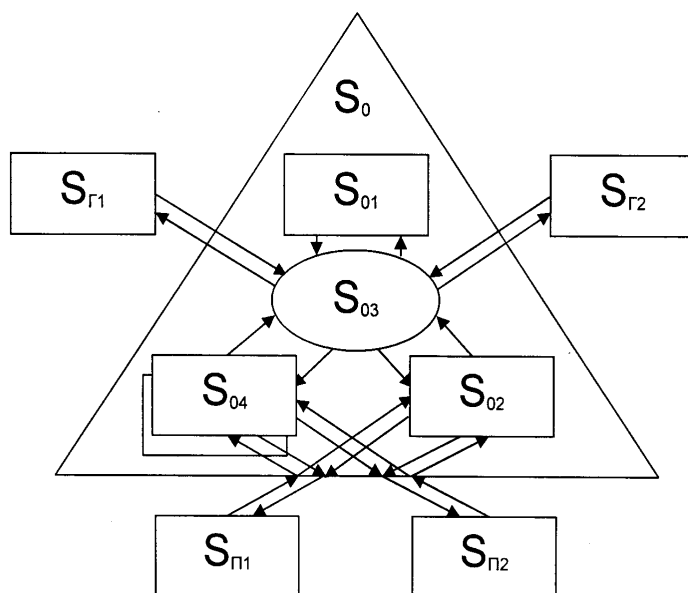


Рисунок 1 – Схема транспортной макросистемы

В макросистеме предполагается наличие в основном потоков трех видов: пассажиров, грузов и транспортных средств. Можно установить достаточно большое количество цепочек, соединяющих узлы на рис.1 и соответствующих некоторым реальным перемещениям в транспортной системе. Каждый из потоков будет определяться собственной переменной, зависящей от времени. В результате могут быть сформулированы динамические модели вида:

$$\dot{x} = F(x, \mu)$$

или

$$\dot{x} = F(x, t, \mu),$$

где $x \in M \subset \mathbb{R}^m$, $\mu \in L \subset \mathbb{R}^k$, $t \in I \subset \mathbb{R}$.

Формулировка динамических моделей – отдельная серьезная задача. В настоящей работе при выводе уравнений систем используется так называемый поведенческий подход, смысл которого становится ясным из приводимых ниже примеров. Очевидно, что не может быть одного един-

ственного описания для всех практически важных случаев моделирования ТС. Поэтому приводимые ниже примеры следует рассматривать только как возможные варианты.

2. Варианты моделей транспортных систем

Модель грузового склада (макросистемы S_{01})

Данная модель может быть представлена в виде системы уравнений

$$\begin{cases} \dot{x} = a[(X - x) + ky - mz](Z - z) - b(Y - y)(Z - z); \\ \dot{y} = c[(Y - y) + lx + nz]z - d(X - x)z; \\ \dot{z} = ex - fy + g. \end{cases} \quad (1)$$

Переменные имеют следующий смысл: x – автомобили, доставляющие груз; y – автомобили, развозящие груз; z – количество груза на складе. Параметры в уравнениях (1) обозначают: X – число автомобилей, участвующих в доставке груза; Y – число автомобилей, участвующих в развозе груза; Z – предельная (или наиболее вероятная) емкость склада; g – интенсивность восполнения груза другими видами транспорта.

При формулировке настоящей модели, равно как и последующих, использовалось представление о балансе транспортных средств и груза (по аналогии с уравнением баланса массы в механике сплошной среды), а также учет основных причинно-следственных связей, приводящих к изменению поведения участников транспортной системы. Например, в первом уравнении учтено: чем больше груза на складе, тем больше автомобилей снимают с маршрута ($-mz$); чем меньше запас z , тем интенсивнее будут поступать автомобили ($Z - z$); чем больше автомобилей стоит на погрузку, тем медленнее отбывают автомобили типа x (множитель $Y - y$); чем больше груза, тем сложнее выполнить операцию разгрузки (множитель $Z - z$) и т.д. Отсюда становится ясным смысл коэффициентов $a...f$, которые выражают интенсивность прироста или убывания переменных в результате действия соответствующих причин.

Модель пассажирской остановки (макросистемы S_{02})

Модель может быть сформулирована в виде системы [8]:

$$\begin{cases} \dot{x} = a[(X + ky - mz) - x]z - b(Y - y)(Z - z); \\ \dot{y} = -cxz + d(Y - y); \\ \dot{z} = -eyz + f(Z - z) + [gz - h(Y - y)]x. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь переменными являются: x – количество автобусов, находящихся на остановке; y – количество пассажиров, ожидающих посадку; z – число свободных мест в автобусах, находящихся на остановке. Остальные

параметры имеют следующий смысл: X – среднее (нормативное) число автобусов, работающих на маршруте; Y – среднее количество пассажиров на остановке (условная «вместимость» остановки); Z – среднее число мест для пассажиров (вместимость автобуса). Коэффициенты модели характеризуют: a – интенсивность прибытия автобусов на остановку (имеет размерность $1/(\text{мест} \cdot \text{мин})$); b – интенсивность отправления автобусов от остановки ($\text{авт}/(\text{пасс} \cdot \text{мест} \cdot \text{мин})$); c – интенсивность посадки пассажиров в автобусы ($\text{пасс}/\text{авт} \cdot \text{мест} \cdot \text{мин}$); d – интенсивность прибытия пассажиров на остановку ($1/\text{мин}$); e – скорость уменьшения числа свободных мест вследствие посадки пассажиров ($1/(\text{пасс} \cdot \text{мин})$); f – интенсивность увеличения числа свободных мест за счет высадки пассажиров ($1/\text{мин}$); g – скорость роста числа свободных мест, «прибывающих» вместе с автобусами ($1/\text{авт} \cdot \text{мин}$);

h – интенсивность «убывания» свободных мест, не занятых пассажирами до отправления автобуса ($1/\text{пасс} \cdot \text{авт} \cdot \text{мин}$); k – интенсивность выхода на линию автобусов сверх нормативного значения при увеличении числа пассажиров на остановках ($\text{авт}/\text{пасс}$); m – интенсивность «схода» автобусов с маршрутов вследствие роста числа свободных мест ($\text{авт}/\text{мест}$).

Слагаемые в правых частях уравнений имеют следующий смысл. В первом уравнении (2) слагаемое с знаком «+» отражает поступление автобусов на остановку, зависящее от разности общего количества автобусов, находящихся на маршрутах, и числа автобусов на остановке. В этом слагаемом учитываются также выпуск автобусов на маршрут при росте числа пассажиров на остановке (например, в часы «пик»), а также «сход» с маршрута при увеличении числа свободных мест в автобусе. Это слагаемое пропорционально количеству свободных мест в автобусах на остановке (чем больше свободных мест, тем интенсивнее будут автобусы поступать на посадку с целью загрузки – или сходят с маршрута, о чем уже сказано). Слагаемое со знаком «–» отражает процесс отправления автобуса от остановки. Оно осуществляется быстрее, если, с одной стороны, на остановке мало пассажиров (становится короче по времени процесс посадки) или, с другой стороны, если мало свободных мест в самом автобусе (пассажиры отказываются от посадки). Таким образом, имеем произведение $b(Y - y)(Z - z)$.

Во втором уравнении слагаемое со знаком «+» описывает приход пассажиров на остановку: чем меньше занята остановка, тем выше вероятность увеличения числа пассажиров. Чем больше занята остановка (уменьшение разности $(Y - y)$), тем больше пассажиров будет ее покидать с целью поиска альтернативного способа передвижения. Чем больше пассажиров уже находится на остановке, тем меньше потенциальных пассажиров находится за ее пределами. Слагаемое со знаком «–» описывает процесс посадки пассажиров в автобусы: чем больше автобусов на остановке и чем больше на ней свободных мест, тем выше вероятность посадки.

В третьем уравнении слагаемое $f(Z - z)$ учитывает процесс увеличения числа свободных мест за счет высадки пассажиров (чем больше пассажиров в автобусе, тем вероятнее выход пассажиров на остановке). Второе слагаемое со знаком «+» учитывает «поступление» свободных мест с автобусами. Слагаемое со знаком «-» описывает процесс уменьшения свободных мест за счет посадки пассажиров. Это слагаемое пропорционально произведению yz : чем больше пассажиров на остановке и чем больше свободных мест, тем выше вероятность того, что свободные места будут заняты.

Модель конкуренции двух автомобильных перевозчиков (взаимодействия макросистем S_{04})

Если в качестве переменных модели выбрать x – увеличение затрат перевозчика «1» на организацию и повышение качества перевозочного процесса (реклама, информация, маркетинговые исследования, техническое состояние подвижного состава и др.), y – то же, для перевозчика «2», z – увеличение количества груза, доставленного потребителю перевозчиком «1», то один из возможных вариантов модели конкуренции может быть записан в виде системы:

$$\begin{cases} \dot{x} = ay(Z - z) - bz(x - X) \\ \dot{y} = cxz - d(Z - z)(y - Y) \\ \dot{z} = e(x - y). \end{cases} \quad (3)$$

Система представляет собой выражение стратегий двух игроков рынка, записанное в виде обыкновенных дифференциальных уравнений. Каждое из них является уравнением динамического баланса типа $\dot{x} = P - R$, где в общем случае $P = P(t, x)$ – источник, а $R = R(t, x)$ – потери изучаемой величины x .

Первое слагаемое $ay(Z - z)$ выражает стремление игрока (первозчика «1») увеличить затраты ресурсов (в итоге – увеличить объем своих рыночных предложений), если конкурент увеличивает свои. Поэтому слагаемое пропорционально переменной y . Множитель $(Z - z)$ выражает запас спроса на услуги со стороны потребителя. Коэффициент a учитывает степень информированности игрока «1» о стратегии игрока «2» и о спросе на услуги перевозчиков. Параметр Z следует понимать как максимальную величину спроса потребителя.

Второе слагаемое $bz(x - X)$ выражает стремление игрока «1» использовать свои ресурсы с максимально допустимой отдачей. Величина X есть ее предел. Если $x < X$ (есть возможность наращивать объем предложения), слагаемое в целом имеет знак «+» и смысл источника величины x . Если x становится больше X , игрок вынужден сокращать использование ресурсов. Слагаемое пропорционально z , т.к. при высоком уровне z игрок

«1» может позволить себе интенсивнее сокращать использование ресурсов на увеличение предложения. Коэффициент b отражает представление игрока «1» о необходимости такого снижения.

Аналогично интерпретируется запись второго уравнения (3). Смысл третьего уравнения очевиден.

Отметим, что рассматриваемая в статье задача может интерпретироваться как разновидность динамического описания поведения рынка. Обычно в качестве динамических переменных в подобных моделях выступают цена товара $P(t)$, объем продаж $Q(t)$, спрос на товар $Q^D(t)$, предложение товара $Q^S(t)$, величина объема наличных денег или ценных бумаг и т. д. Очевидно, что в нашей модели переменные x , y и z вполне конкретно могут быть увязаны с величинами предложения и спроса соответственно. Вообще говоря, вопросы исследования динамики поведения рынка сложны и еще мало изучены. Об этом свидетельствует большинство авторов, в той или иной мере затрагивающих данную тематику. Простейшими динамическими моделями здесь являются уравнения Вальраса-Маршалла. Согласно [11] уравнение Вальраса, описывающее динамику рыночной цены товара, имеет вид линейного дифференциального уравнения первого порядка для функции $P(t)$ с запаздывающим аргументом. При этом возможен как апериодический переход рыночной цены к равновесному значению, когда точка равновесия является устойчивым узлом, так и колебательный, когда точка равновесия оказывается устойчивым фокусом. Автор предлагает модифицированные модели Вальраса-Маршалла в виде двух- и трехмерных линейных систем, рассматривает возможности оптимального управления при переходе рынка к равновесию, показывает выгоду скорейшего установления равновесия для поставщиков товара.

Вопросы, связанные с моделированием конкуренции, тем более в динамической постановке, так же не часто встречаются в литературе. Обычной математической основой здесь является теория игр. Обуховский В. В. [12] рассматривает вопросы, связанные с существованием равновесных стратегий, используя для этого теорему Какутани о неподвижной точке многозначных отображений, а также показывает возможность применения этой теоремы для децентрализованных экономических систем, участники которых не обладают сведениями о поведении других игроков. При этом существующая система цен $p = (p_1, p_2, \dots, p_l)$, согласно предположению Вальраса, приводит к ситуации конкурентного равновесия, если участники рынка выполняют определенные требования. Известны и другие примеры, например, задача о конкуренции видов транспорта, которая представляет собой систему двух обыкновенных дифференциальных уравнений [13].

3. Результаты исследования моделей

Анализ описанных выше моделей (1), (2) и (3) выполняется при допущении, что все параметры и коэффициенты положительны (некто-

рые в частных случаях принимаются равными нулю) и не зависят от времени. Исследование систем уравнений начинаем с определения точек стационарных состояний, их типа и устойчивости. Модель (1) в общем случае имеет три состояния равновесия, координаты которых определяются формулами:

$$x_1^* = \frac{aX - bY + g(ak + b)/f}{a - e(ak + b)/f}; \quad y_1^* = (ex_1^* + g)/f; \quad z_1^* = 0. \quad (3)$$

$$x_2^* = -\frac{cY - dX + c(nZ - g/f)}{d + c(l - e/f)}; \quad y_2^* = (ex_2^* + g)/f; \quad z_2^* = Z. \quad (4)$$

$$x_3^* = \frac{(Y - g/f)(1 - bn/am) + n(X + kg/f)/m - dX/c}{(e/f - l) + n(1 - ke/f - be/af)/m - d/c};$$

$$y_3^* = (ex_3^* + g)/f; \quad z_3^* = \frac{1}{m} [(X - x_3^*) + (k + b/a)y_3^* - bY/a]. \quad (5)$$

В частном случае, при $m = n = 0$, в системе могут быть две особые точки. Тип и устойчивость точек определяется, как обычно, характеристическим уравнением для линеаризованной в окрестности этих точек системы.

Система (1) диссипативна, если

$$\operatorname{div}F(x, y, z) < 0,$$

которое выполняется при условиях:

$$z < \frac{aZ}{a - c}, \text{ если } a > c \text{ и } z > \frac{aZ}{a - c}, \text{ если } a < c. \text{ Диссипативность}$$

системы означает возможность существования в системе аттракторов (притягивающих множеств) в виде предельных циклов (периодических решений), нерегулярных, хаотических решений (так называемых странных аттракторов) и других, более сложных их разновидностей.

Уравнения (1) и (2) исследовались численно методом Рунге-Кутты с переменным шагом и точностью $1 \cdot 10^{-6}$.

Зафиксируем константы модели (1), как указано в табл.1. Рассматривая коэффициенты d, e, f, k, l, m, n в качестве бифуркационных параметров, можем обнаружить все основные виды решений, характерных для трехмерных автономных нелинейных систем: стационарное состояние, предельный цикл, странный (хаотический) аттрактор и другие типы циклов различной периодичности. Например, на рис.2 и 3 представлены хаотический аттрактор, а также циклы типа C_2^+ и C_4^+ (в терминологии, принятой в работе [9]).

Таблица 1

Параметры модели макросистемы S_{01}

a	b	c	d	e	f	g
0.2	2.5	0.3	4	1.535	20	100
k	l	m	n	X	Y	Z
1	0	0	0	50	50	100

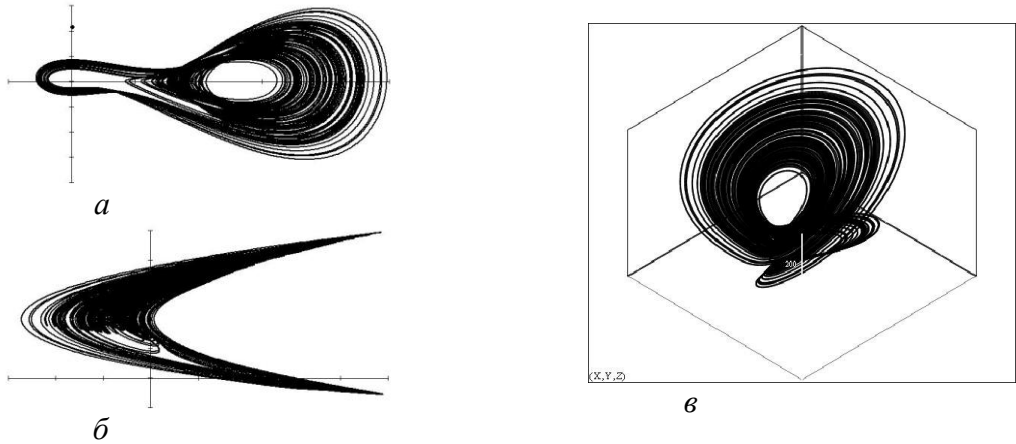


Рисунок 2 – Проекция хаотического аттрактора (параметры соответствуют табл.1) в координатах: а – $z(y)$; б – $x(z)$

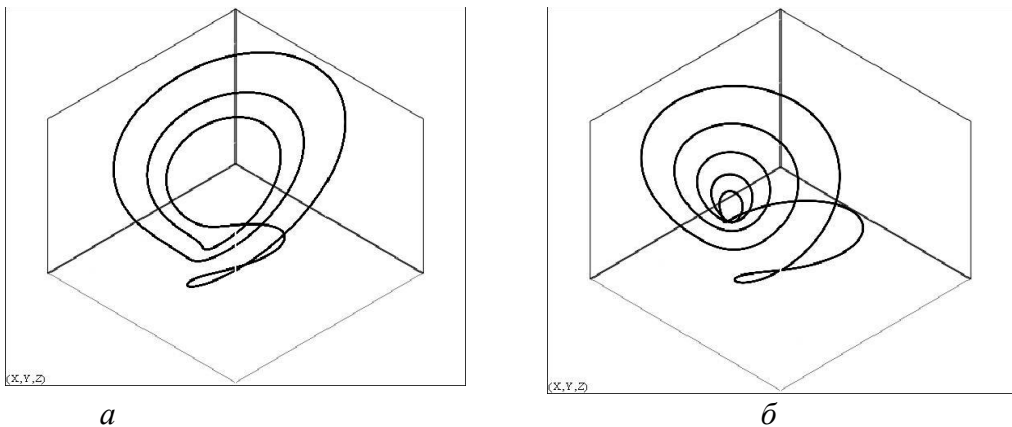


Рисунок 3 – Циклы типа C_2^+ и C_4^+ при $d = 2, e = 0.5, k = m = 0.5, l = n = 1$ (остальные параметры как в табл.1): а – $f = 21$; б – $f = 10$

Интерес представляют решения вида, показанного на рис.4, полученного в системе (1) с параметрами, заданными в табл.2. На рис.4, б приведена зависимость $z(t)$, которая свидетельствует о существовании так называемых контрастных структур и пограничного слоя [10] в решениях модели. С практической точки зрения зависимость $z(t)$ напоминает некоторую стратегию управления запасами. В модели существует значительное разнообразие подобных решений, которыми можно описывать почти любые из известных стратегий, в том числе и стратегии с восполнением запасов в случайные моменты времени (хаотические решения).

Некоторые результаты исследования модели (2) приведены в работе [8].

Таблица 2

Параметры модели макросистемы S_{01} для случая контрастных структур

a	b	c	d	e	f	g
0.23	2.937	8	72,1	1.532	14,9	100
k	l	m	n	X	Y	Z
0.49	0	0	0	50	50	100

Рассмотрим некоторые результаты исследований модели конкуренции двух автомобильных перевозчиков (3).

Условие диссипативности системы (3) представляет собой неравенство

$$\operatorname{div}F(x, y, z) = z(d - b) - dZ < 0.$$

Таким образом, рассматриваемая система, подобно модели Ресслера [9], не является всюду диссипативной в фазовом пространстве.

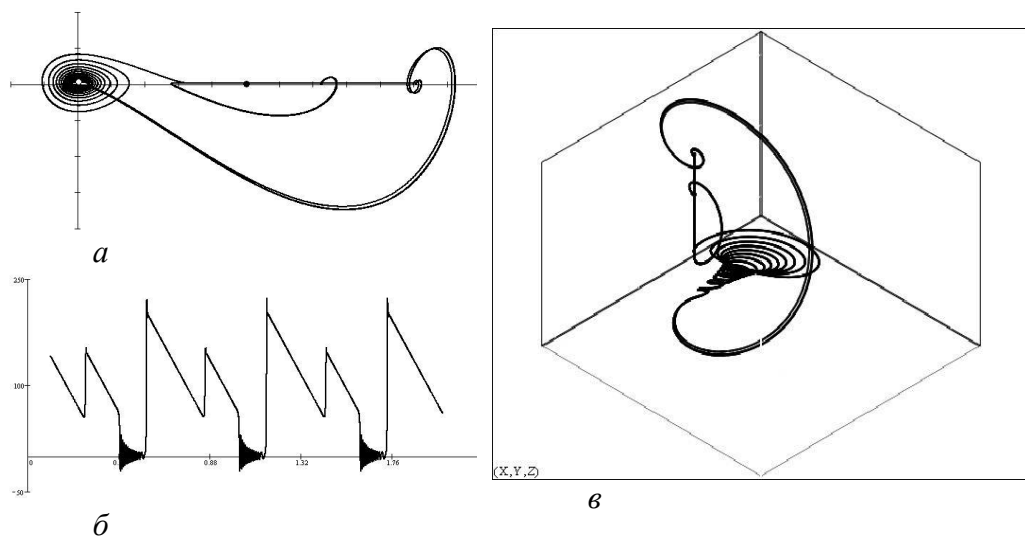


Рисунок 4 – Проекция аттрактора (а, отмечены особые точки) с контрастными структурами и погранслоем (б)

Перепишем уравнения (3) в каноническом виде

$$\begin{cases} \dot{x} = k_1 y + k_2 z - k_3 xz - k_4 yz \\ \dot{y} = -k_5 y - k_6 z + k_7 xz + k_8 yz + k_9 \\ \dot{z} = k_{10} x - k_{11} y. \end{cases} \quad (6)$$

Здесь $k_1 = aZ$; $k_2 = bX$; $k_3 = b$; $k_4 = a$; $k_5 = dZ$; $k_6 = dY$; $k_7 = c$; $k_8 = d$; $k_9 = dYZ$; $k_{10} = k_{11} = e$.

Особые точки системы (6) существуют при условии $\delta = \beta^2 - 4\alpha\gamma \geq 0$:

$$x_{1,2}^* = y_{1,2}^* = -(Bz_{1,2}^* + k_9)/A; \quad z_{1,2}^* = (-\beta \pm \sqrt{\delta})/2\alpha, \quad (7)$$

где $A = k_1C - k_5$; $B = k_2C - k_6$; $C = (k_7 + k_8)/(k_3 + k_4)$;

$\alpha = (k_3 + k_4)B/A$; $\beta = k_2 - k_1B/A + k_9(k_3 + k_4)/A$; $\gamma = -k_1k_9/A$.

Очевидно, должны выполняться условия $A \neq 0$ и $B \neq 0$. Случаи $\delta = 0$, $A = 0$, $B = 0$ требуют отдельного рассмотрения и в настоящей статье не исследуются.

Состояние равновесия особых точек определяется корнями характеристического уравнения

$$\lambda^3 - (\mu + \nu)\lambda^2 + (\mu\nu - \kappa\xi + e\chi - e\rho)\lambda + e(\kappa\rho - \nu\chi - \xi\delta + \mu\rho) = 0. \quad (8)$$

Здесь $\mu = k_8z^* - k_5$; $\nu = -k_3z^*$; $\kappa = k_7z^*$; $\xi = k_1 - k_4z^*$;

$\rho = k_2 - k_3x^* - k_4y^*$; $\chi = k_7x^* + k_8y^* - k_6$.

Устойчивость особых точек (7) определяем из условия Рауса-Гурвица для многочлена (8):

$$\begin{aligned} &(\mu + \nu) > 0; \\ &-(\mu + \nu)(\mu\nu - \kappa\xi + e\chi - e\rho) > (\kappa\rho - \nu\chi - \xi\delta + \mu\rho). \end{aligned} \quad (9)$$

Исследование системы (3) выполнялось численно методом Рунге-Кутты 4-го порядка с точностью $1 \cdot 10^{-6}$. Отметим, что вследствие высокой размерности параметрического пространства ($k=8$) в настоящее время говорить о законченном исследовании системы не представляется возможным. Более перспективным на данном этапе является получение всех возможных видов аттракторов и выяснение связи корней уравнения (8) с формами аттракторов. Сказанное следует пояснить некоторыми примерами.

Рассмотрим вариант 1 системы (3), приняв параметры в соответствие с табл.3. Здесь наблюдается каскад бифуркаций удвоения периода, если в качестве параметра выбрать коэффициент a . Например, при $a = 4$ имеем устойчивый предельный цикл (окно периодичности $a \in (4,00025; 3,798)$), при $a \in (3,798; 2,1067)$ – цикл периода 2, при $a \in (2,1067; 1,894)$ – цикл периода 4 и т.д. Последующий субгармонический каскад бифуркаций аттрактора Фейгенбаума приводит при $a = 1,36060606$ к циклу периода 3. Дальнейшее уменьшение a ведет к гомоклиническому каскаду (по терминологии Н. А. Магницкого [9]). При $a \approx 0,8233...$ «глаз» аттрактора закрывается и структура аттрактора изменяется (рис.5, $a-2$). Отметим, что аттрактор подобного вида существует и при бесконечном числе других сочетаний параметров (см., например, вариант 2, табл.3). Если параметры системы выбрать согласно варианту 3 (см. табл.3), то получим аттрактор, обладающей симметрией по отношению к аттрактору 1-го варианта.

Обратим внимание, что эволюция аттракторов в этом случае может быть более развитой и приводить к решениям, которые так же подходят под понятие «контрастных структур» [10]. Каскад бифуркаций проходит всю последовательность, начиная от удвоения периода предельного цикла, субгармонический и гомоклинический каскады, а далее – более сложную последовательность бифуркаций, приводящую к «контрастным структурам».

Таблица 3
Параметры модели (3)

№ вар.	a	b	c	d	e	X	Y	Z
1	4	8	2	2,5	8	1,5	14	7
2	5	11	13	7	8	0,5	4	1,5
3	0,8	3	9	2,5	15	14	2	18

Таким образом, показано, что кроме стационарных точек равновесия, в модели конкуренции могут быть и более сложные, в том числе и хаотические режимы. Практические аспекты анализа модели конкуренции (3) рассматривались в работе [14].

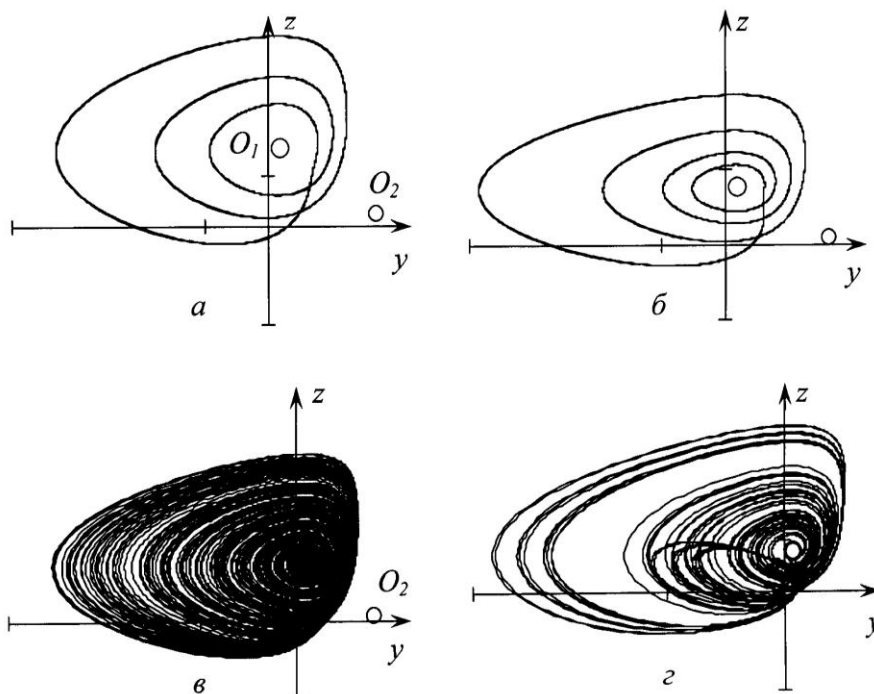


Рисунок 5 – Некоторые решения в модели конкуренции двух автомобильных перевозчиков (3)

4. Выводы и проблемы

Основной вывод настоящей статьи заключается в том, что в разработанных моделях автомобильных транспортных систем установлено на-

личие детерминированного хаоса, сценарий развития которого подчиняется известным каскадам бифуркаций [9]. Найдены решения типа «контрастных структур», которые могут быть представлены как стратегии управления запасами (для грузового склада).

Построенные модели, конечно, не следует считать единственным вариантом рассматриваемых систем, так как набор причинно-следственных связей, описывающих «поведение» участников транспортных процессов, может быть различным.

В результате остается ряд проблем, среди которых, прежде всего, необходимо отметить следующие:

1) идентификация моделей систем и определение коэффициентов, соответствующих практическим условиям;

2) уменьшение числа параметров в уравнениях до минимально возможного с целью снижения размерности пространства параметров и упрощения анализа бифуркаций;

3) полный анализ решений и построение бифуркационных диаграмм;

4) выявление объектов управления в моделях, постановка и решение задач оптимального управления в соответствии с принятыми критериями.

Перечисленные задачи являются интересными и перспективными как с теоретической, так и с практической точек зрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алиев А. С., Стрельников А. И., Швецов В. И., Шершевский Ю. З. Модель работы транспортной системы крупного города с применением к Московской агломерации // Труды Института системного анализа Российской академии наук (ИСА РАН). Прикладные проблемы управления макросистемами (Апатиты, 5-9 апреля 2004 г.): Сборник докладов. Том 8. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – С.104-117.
2. Вельможин А. В., Гудков В. А., Миротин Л. Б. Теория транспортных процессов и систем. М.: Транспорт, 1998. 167 с.
3. Вильсон А. Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 248 с.
4. Иносэ Х., Хамада Т. Управление дорожным движением. – М.: Транспорт, 1983. – 248 с.
5. Попков Ю. С. Теория макросистем (равновесные модели). М.: Едиториал УРСС, 1999. 320 с.
6. Попков Ю. С. Проблемы моделирования динамических стохастических сетей и GRID-технологии // Труды Института системного анализа Российской академии наук (ИСА РАН). Прикладные проблемы управления макросистемами (Апатиты, 5-9 апреля 2004 г.): Сборник докладов. Том 8. – М.: Едиториал УРСС, 2004. – С.6-31.
7. Швецов В. И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. 2003. № 11. С. 3-46.
8. Агуреев И. Е. Нелинейная динамика в теории автомобильных транспортных систем // Изв. ТулГУ. Сер. «Автомобильный транспорт». Вып.9. Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. С.3-13.
9. Магницкий Н. А., Сидоров С. В. Новые методы хаотической динамики. М.: Едиториал УРСС, 2004. 320 с.

10. Неймарк Ю. И., Смирнова В. Н. Контрастные структуры, предельная динамика и парадокс Пэнлеве // Дифференциальные уравнения. 2001. Т.37. № 11. С.1507-1515.

11. Поддубный В. В. Оптимальная стабилизация рынка, описываемого модифицированной динамической моделью Вальраса-Маршалла в пространстве переменных «предложение – цена – спрос» // Вестник Томск. гос. ун-та, 2004, №284. С.80-89.

12. Обуховский В. В. Об оптимумах и равновесиях в теории игр и экономике // Соросовский образовательный журнал, Т.6, 2000, №6. С.123-127.

13. Занг В.-Б. Синергетическая экономика: Время и перемены в нелинейной экономической теории. М.: Мир, 1999. 335 с.

14. Агуреев И. Е. Применение теории Фейгенбаума-Шарковского-Магницкого для анализа модели конкуренции двух автомобильных перевозчиков // Труды Института системного анализа РАН. Т.33. Серия «Динамика неоднородных систем». Вып. 12. – М.: КомКнига, 2009.

Агуреев Игорь Евгеньевич.

Тульский государственный университет, г. Тула.

Доктор технических наук, профессор кафедры автомобилей и автомобильное хозяйство

Н.В. БАКАЕВА, А.В. КУЛЕВ

ИНТЕГРАЦИЯ МНЕНИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ ПРИ ПРИНЯТИИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ТЕХНИЧЕСКОМ СЕРВИСЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Показана возможность применения метода экспертных оценок при оценке функционирования сложных систем, в том числе и системы технического сервиса автомобилей. В результате декомпозиции методом анализа иерархий выявлены наиболее значимые подсистемы, а методом априорного ранжирования - наиболее значимые факторы для рассматриваемой системы. Применение экспертных методов оценки и интеграция результатов нескольких экспертиз позволили произвести анализ состояния системы ТСА и на его основе выработать предложения и рекомендации по принятию управленческих решений.

Ключевые слова: *технический сервис; экспертные оценки; априорное ранжирование; метод анализа иерархий.*

There is shown a possibility of the application of the expert judgment method at the estimate of complicated systems functioning including the systems of motor-car technical servicing. As a result of decomposition and by the method of a hierarchy analysis there are revealed the most significant subsystems, and with the aid of a priori ranking – the most significant factors for the subsystem under consideration. The application of expert methods for an estimation and results integration of some examinations allowed carrying out the analysis of a state of MTS system and on its basis the development of offers and recommendations for management decisions to be adopted.

Keywords: *technical servicing, expert judgments, a priori ranking, method of hierarchy analysis.*

Комплексная оценка функционирования сложных систем, в том числе и системы технического сервиса автомобилей (ТСА), в условиях недостаточной информации может быть выполнена с применением методов интеграции мнений квалифицированных специалистов [1,3,4]. Эти методы, чаще всего, экспертные оценки, выражаемые в количественной и/или качественной форме, а также опросы и интервью, применяются при невозможности или нецелесообразности использования расчетных, опытно-статистических и регистрационных методов. Экспертные методы и, полученные на их основе достоверные оценки, могут быть использованы при выборе возможных вариантов стратегий управления.

В основу схемы построения сценария экспертного оценивания влияния целереализующих подсистем ТСА и их факторов положена вычлененная из общей структуры дерева систем иерархия обеспечения безопасного и устойчивого развития ТСА на региональном уровне (рисунок 1).

Для исследования возможности обеспечения безопасного функционирования и устойчивого развития системы ТСА одним из наиболее приемлемых подходов экспертного оценивания, является метод анализа иерархий (МАИ) [2]. Метод МАИ предполагает последовательную декомпозицию сложной системы экспертами, которые определяют ее элементы в виде множества оцениваемых объектов. Этот относительно простой, но доста-

точно точный экспертный метод позволяет структурировать систему, выделить системообразующие элементы, построить характеризующие их критерии и оценить их значимость, найти неточности и противоречия в суждениях экспертов и проранжировать варианты принятия управленческих решений [2,3].

Для решения задачи оценки значимости и степени влияния целеереализующих подсистем ТСА для достижения цели обеспечения безопасного и устойчивого развития ТСА в г. Орле была организована экспертиза.

Генеральная цель системы ТСА

Подцели (функции) системы ТСА

Целереализующие подсистемы ТСА

Факторы влияния подсистем

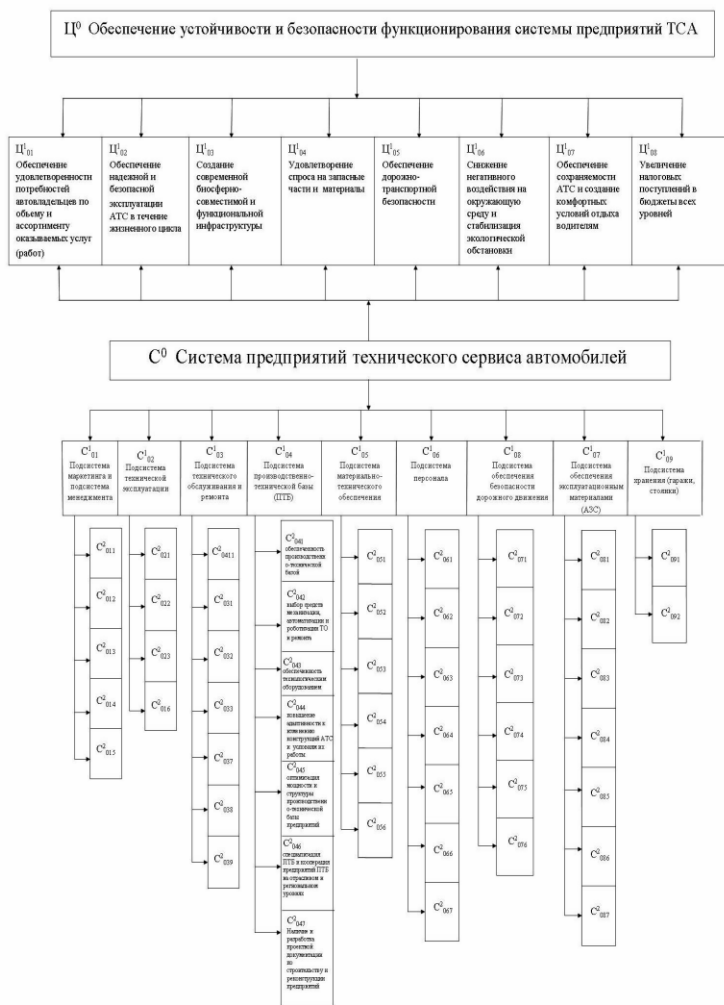


Рисунок 1 – Логическая схема экспертного оценивания влияния целереализующих подсистем и факторов на достижение генеральной цели системы ТСА

В качестве экспертов привлекались специалисты Орловского центра безопасности дорожного движения и Орловской ассоциации станций технического обслуживания автомобилей. Компетентность экспертов в исследуемой области была оценена по известной методике на основе таких характеристик как: самооценка, взаимная оценка экспертной группой, оценка заинтересованности эксперта, оценка эксперта по отклонению от

среднего мнения группы [3]. В результате проведенной экспертизы была сформирована матрица экспертного оценивания (таблица 1).

В соответствии с методикой МАИ и положениями матричной алгебры [2,5] для матрицы попарного сравнения элементов (подсистем) вычислялись: наибольшее из собственных значений λ_{max} и собственный вектор матрицы экспертных оценок, который нормировался (приводился) по сумме к единице. Элементы нормированных векторов представляют собой оценки относительной важности (относительной значимости) факторов на соответствующих стадиях расчетов или их веса.

Таблица 1 - Матрица экспертных оценок целереализующих подсистем ТСА

№ n/n	Подсистемы	Оценки экспертов									Веса
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	C_{01}^1 - подсистема маркетинга	1	1/5	1/6	1/5	1/3	1/2	1/4	1/2	1/2	0,0575
2	C_{02}^1 - подсистема технической эксплуатации	5	1	1/2	2	3	4	2	3	3	0,1775
3	C_{03}^1 - подсистема технического обслуживания и ремонта	6	2	1	2	3	5	3	4	4	0,1975
4	C_{04}^1 - подсистема производственно-технической базы (ПТБ)	5	1/2	1/2	1	3	4	2	3	3	0,1525
5	C_{05}^1 - подсистема материально-технического обеспечения	3	1/3	1/3	1/3	1	2	1/2	2	2	0,1225
6	C_{06}^1 - подсистема персонала	2	1/4	1/5	1/4	1/2	1	1/3	1/2	1/2	0,0625
7	C_{07}^1 - подсистема обеспечения эксплуатационными материалами	4	1/2	1/3	1/2	2	3	1	3	3	0,09
8	C_{08}^1 - подсистема обеспечения безопасности дорожного движения	2	1/3	1/4	1/3	1/2	2	1/3	1	1	0,07
9	C_{09}^1 - подсистема хранения	2	1/3	1/4	1/3	1/2	2	1/3	1	1	0,07
$\lambda_{max} = 9,14$								Сумма		1,00	

Качество экспертизы оценивалось по критерию или индексу непротиворечивости ($ИН$), который вычисляется по следующей формуле:

$$ИН = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (1)$$

где n - число элементов матрицы и одновременно число оценок, данных экспертами.

Для нашего примера:

$$ИН = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{9,14 - 9}{9 - 1} = 0,0175.$$

Рассчитанную по этой формуле величину $ИН$ сравнивали с величиной индекса случайного выбора количественных суждений по шкале при образовании обратно симметричной матрицы. Среднее значение случайного индекса ($СН$) для рассматриваемого примера - $СН = 1,45$ [2].

Кроме того, качество экспертного оценивания проверялось и по критерию отношения непротиворечивости ($ОН$) этих оценок:

$$ОН = \frac{ИН}{СН} = \frac{0,0175}{1,45} = 0,012 = 1,2 \% \quad (2)$$

Вывод о приемлемости полученных результатов оценки можем сделать при выполнении условия: $ОН < 10 \%$ [2]. В этом случае экспертная оценка логически непротиворечива и приемлема для дальнейшей обработки.

По результатам полученных значений собственных векторов матрицы для пар сопоставляемых элементов (подсистем) ТСА несложно выявить какие из них являются наиболее важными и насколько. Полученные оценки относительной значимости подсистем ТСА свидетельствуют, что для обеспечения безопасного и устойчивого развития ТСА в регионе наиболее важно в первую очередь организовать ресурсное обеспечение подсистем технической эксплуатации, технического обслуживания и ремонта автотранспортных средств (АТС), а также производственно-технической базы предприятий ТСА.

Применяя метод МАИ, представляется возможным оценить влияние факторов отдельных подсистем ТСА на достижение подцелей и генеральной цели системы и выявить при этом наиболее весомые и значимые факторы.

Для решения этой задачи в качестве примера была выбрана подсистема «Производственно-техническая база (ПТБ)». Эта подсистема аккумулирует в себе материальные ресурсы (технологическое оборудование, здания и сооружения) по обеспечению технической готовности АТС и проверке их технического состояния, а также трудовые ресурсы и технологии. Автомобиль может участвовать в транспортном процессе, если он технически исправен. Поэтому, в соответствии с представленной выше

иерархией (см. рис.1), была поставлена задача выявления наиболее значимых факторов подсистемы ПТБ на возможность реализации следующей подцели - обеспечения работоспособного технического состояния АТС, т.е. надежной и безопасной его эксплуатации на протяжении жизненного цикла.

Целевая функция выбора оптимальной стратегии управления работоспособностью АТС будет представлять собой минимум математического ожидания функционала затрат всех видов ресурсов за период эксплуатации t , обеспечивающих нормативные показатели технического состояния:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K C_{ik} \rightarrow \min, \quad (3)$$

где C_{ik} – затраты i - тых ресурсов на k -предприятиях ТСА.

Экспертиза проводилась по вышеприведенному алгоритму. Матрица экспертных оценок и ранжирования факторов подсистемы ПТБ при обеспечении технической готовности АТС приведена в таблице 2.

Индекс непротиворечивости:

$$ИИ = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{7,25 - 7}{7 - 1} = 0,042.$$

Среднее значение случайного индекса $СН = 1,32$ [2], тогда отношение непротиворечивости составит:

$$ОН = \frac{ИИ}{СН} = \frac{0,042}{1,32} = 0,032 = 3,2 \%,$$

что не противоречит условию приемлемости полученных результатов.

Таким образом, результаты оценивания позволили выявить наиболее значимые факторы ПТБ для обеспечения работоспособности АТС и поддержания их технического состояния в соответствии с требованиями нормативов. Согласно распределению весов (оценок относительной важности) наибольшее влияние на техническую готовность АТС оказывают факторы обеспеченности предприятий ТСА диагностическим технологическим оборудованием и структурными элементами, среди которых повышенное внимание уделяется не только производственным подразделениям, но и подразделениям вспомогательного назначения, а также обслуживающему сектору. Технологическая взаимосвязь и взаимодействие всех структурных подразделений на предприятиях ТАС имеет важное значение для обеспечения соблюдения технологии производственного процесса и является гарантом эффективного функционирования ТСА.

Для подтверждения достоверности и сравнения результатов оценки, выполненной группой экспертов методом МАИ, проведем аналогичную оценку независимой группой экспертов Центра сертификации и менеджмента качества ООО «Орловский ЦСМ» на основе наиболее теоре-

тически обоснованного и хорошо зарекомендовавшего себя в практике проведения различных экспертиз метода априорного ранжирования [3,4].

Оценки, сформированные экспертами методом априорного ранжирования по каждому исследуемому фактору, давались в виде количественных показателей по шкале интервалов или шкале баллов (таблица 3). Затем эти оценки переводились в соответствующие ранги (места), т.о., исследуемые факторы получались упорядоченными или ранжированными.

Таблица 2 – Матрица экспертных оценок факторов подсистемы ПТБ

Факторы k		Оценки экспертов							Веса
		1	2	3	4	5	6	7	
1	C_{041}^2 - обеспеченность функциональными элементами ПТБ ($k=1$)	1	3	2	3	5	4	5	0,29
2	C_{042}^2 - внедрение средств механизации и автоматизации технологических процессов ТО и Р ($k=2$)	1/3	1	1/2	1	3	2	3	0,12
3	C_{043}^2 - обеспеченность диагностическим технологическим оборудованием ($k=3$)	1/2	2	1	1	5	4	4	0,21
4	C_{044}^2 - адаптация элементов ПТБ к изменению конструкций АТС и условиям их работы ($k=4$)	1/3	2	1	1	4	3	3	0,18
5	C_{045}^2 - производственная мощность, пропускная способность ($k=5$)	1/5	1/3	1/5	1/4	1	1/2	1	0,03
6	C_{046}^2 - специализация, кооперация предприятий, отношение к производителю ($k=6$)	1/4	1/2	1/4	1/3	2	1	2	0,10
7	C_{047}^2 - наличие и разработка проектной документации по строительству и реконструкции предприятий ($k=7$)	1/5	1/3	1/4	1/3	1	1/2	1	0,07
$\lambda_{\max} = 7,25$							Сумма	1,00	

Таблица 3 - Результаты априорного ранжирования факторов подсистемы ПТБ

Факторы k и их №№	Условные номера экспертов, m								Сумма рангов Δ_k	Отклонения суммы рангов Δ_k'	(Δ_k') ²	Занимаемое место M_1	Вес фактора q_k
	1	2	3	4	5	6	7	8					
	Ранги оценки a_{km}												
C_{041}^2 - обеспеченность функциональными элементами ПТБ ($k = 1$)	2	1	1	3	2	1	2	1	13	-19	361	1	0,25
C_{042}^2 - внедрение средств механизации и автоматизации технологических процессов ТО и Р ($k = 2$)	4	5	3	2	4	4	3	4	29	-3	9	4	0,14
C_{043}^2 - обеспеченность диагностическим технологическим оборудованием ($k = 3$)	1	2	2	4	3	2	1	2	17	-15	225	2	0,21
C_{044}^2 - адаптация элементов ПТБ к изменению конструкций АТС и условиям их работы ($k = 4$)	3	3	4	1	1	3	4	3	22	-10	100	3	0,18
C_{045}^2 - производственная мощность, пропускная способность ($k = 5$)	6	7	6	7	6	7	6	7	52	20	400	7	0,04
C_{046}^2 - специализация, кооперация предприятий, отношение к производителю ($k = 6$)	5	4	5	5	5	5	5	6	40	8	64	5	0,11
C_{047}^2 - наличие и разработка проектной документации по строительству и реконструкции предприятий ($k = 7$)	7	6	7	6	7	6	7	5	51	19	361	6	0,07
Итого									$\sum_1^k \Delta_k = 224$		$S = 152$		1,0

Алгоритм оценки влияния факторов подсистемы ПТБ с помощью рангов включает следующую последовательность этапов.

1. Определяем сумму рангов по каждому свойству k всеми экспертами:

$$\Delta_k = \sum_{m=1}^m a_{km}, \quad (4)$$

где m - число экспертов,

k - число свойств.

Например, $\Delta_1 = \sum_{m=1}^8 a_{1m} = 2 + 1 + 1 + 3 + 2 + 1 + 2 + 1 = 13$ и так далее для каждого фактора.

2. Осуществляем проверку следующих условий: максимальный ранг по конкретному фактору (a_{km}) не может быть больше числа сравниваемых факторов:

$$a_{km} \leq k = (a_{km})_{\max}, \quad (5)$$

максимальное значение суммы рангов по любому фактору не может быть больше произведения максимально возможного ранга на число экспертов:

$$(\Delta_k)_{\max} \leq (a_{km})_{\max} \cdot m, \quad (6)$$

минимально возможная сумма рангов по любому фактору не может быть меньше минимально ранга, умноженного на число экспертов:

$$(\Delta_k)_{\min} \geq (a_{km})_{\min} \cdot m. \quad (7)$$

В рассматриваемом примере все три условия удовлетворительны:

$$a_{km} \leq 7 = (a_{km})_{\max}, \quad \Delta_k \leq 56 = (\Delta_k)_{\max}, \quad \Delta_k \geq 8 = (\Delta_k)_{\min}.$$

3. Вычисляем сумму рангов:

$$\sum_{k=1}^k \Delta_k, \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^7 \Delta_k = 51 + 22 + 40 + 29 + 52 + 17 + 13 = 224.$$

4. Вычисляем среднюю сумму рангов:

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{k=1}^k \Delta_k}{k}, \quad (9)$$

$$\bar{\Delta} = \frac{\sum_{k=1}^7 \Delta_k}{7} = \frac{224}{7} = 32.$$

5. Проверяем правильность определения суммы рангов по формуле:

$$\sum_{k=1}^k \Delta_k = m \cdot k \cdot \bar{a}, \quad (10)$$

где \bar{a} - средний ранг оценки факторов каждым экспертом:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{k=1}^k k}{k}, \quad (11)$$

$$\bar{a} = \frac{1+2+3+4+5+6+7}{7} = 4,$$

$\sum_{k=1}^7 \Delta_k = 8 \cdot 7 \cdot 4 = 224$, что соответствует данным таблицы 3.

6. Определяем отклонение суммы рангов каждого фактора от средней суммы рангов:

$$\Delta_k' = \Delta_k - \bar{\Delta}, \quad (12)$$

$$\Delta_1' = \Delta_1 - \bar{\Delta} = 13 - 32 = -19,$$

$$\Delta_2' = \Delta_2 - \bar{\Delta} = 29 - 32 = -3,$$

$$\Delta_3' = \Delta_3 - \bar{\Delta} = 17 - 32 = -15,$$

$$\Delta_4' = \Delta_4 - \bar{\Delta} = 22 - 32 = -10,$$

$$\Delta_5' = \Delta_5 - \bar{\Delta} = 52 - 32 = 20,$$

$$\Delta_6' = \Delta_6 - \bar{\Delta} = 40 - 32 = 8,$$

$$\Delta_7' = \Delta_7 - \bar{\Delta} = 51 - 32 = 19.$$

7. С помощью коэффициента конкордации Кэнделла W оцениваем степень согласованности мнений экспертов:

$$W = \frac{12 \cdot S}{m^2 \cdot (k^3 - k)}, \quad (13)$$

где $S = \sum_{k=1}^k (\Delta_k')^2$,

$$S = \sum_{k=1}^7 (\Delta_k')^2 = 361 + 9 + 225 + 100 + 400 + 64 + 361 = 1520,$$

$$W = \frac{12 \cdot 1520}{8^2 \cdot (7^3 - 7)} = 0,85.$$

Полученное значение коэффициента конкордации свидетельствует о том, что между экспертами имеется определённое согласие в оценке.

8. Случайность согласия мнения экспертов может быть проверена по критерию Пирсона (χ -квадрат), определяемому по формуле [5]:

$$\chi_p^2 = W \cdot m \cdot (k - 1), \quad (14)$$

$$\chi_p^2 = 0,85 \cdot 8 \cdot (7 - 1) = 40,8,$$

где $(k - 1)$ - число степеней свободы.

Расчетное значение критерия Пирсона $\chi_p^2 > \chi_r^2$ [5], что свидетельствует о наличии существенного сходства мнений экспертов, значи-

мости коэффициента конкордации и неслучайности совпадений мнений экспертов, т.е. результаты экспертизы могут быть признаны удовлетворительными и адекватными.

9. По сумме рангов Δ_k производим ранжирование факторов. Минимальной сумме рангов $(\Delta_k)_{\min}$ соответствует наиболее важный фактор, получивший первое место $M = 1$, далее факторы располагаем по мере возрастания суммы рангов.

10. Определяем удельные веса факторов по их влиянию на целевой показатель по следующей формуле:

$$q_k = \frac{2 \cdot (k - M + 1)}{k \cdot (k + 1)}, \quad (15)$$

где M - место фактора по результатам ранжирования.

Например, для первого фактора: $q_1 = \frac{2 \cdot (7 - 1 + 1)}{7 \cdot (7 + 1)} = 0,25$

Результаты расчетов сведены в таблицу 3.

11. Для наглядного представления о весомости факторов строим априорную диаграмму рангов (рисунок 2), позволяющую отобразить наиболее значимые факторы, к которым относятся те, у которых $\Delta_k < \bar{\Delta}$.

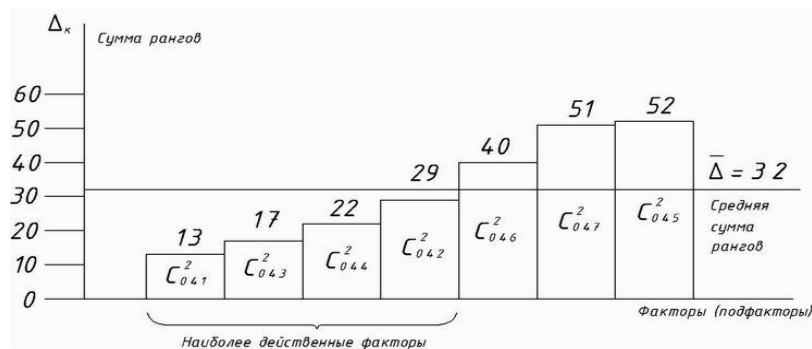


Рисунок 2 - Априорная диаграмма рангов факторов подсистемы ПТБ

Полученная методом априорного ранжирования диаграмма рангов позволяет выявить наиболее значимые факторы подсистемы ПТБ, оказывающие влияние на обеспечение технической готовности АТС, среди которых: k_1 - обеспеченность функциональными элементами ПТБ ($\Delta_1 = 13$); k_3 - обеспеченность диагностическим технологическим оборудованием ($\Delta_3 = 17$); k_4 - адаптация элементов ПТБ к изменению конструкций АТС и условиям их работы ($\Delta_4 = 22$); k_2 - внедрение средств механизации и автоматизации технологических процессов ТО и Р ($\Delta_2 = 29$).

Такие факторы как: k_6 - специализация, кооперация предприятий, отношение к производителю ($\Delta_6 = 40$); k_7 - наличие и разработка проектной документации по строительству и реконструкции предприятий

($\Delta_7 = 51$); k_5 – производственная мощность, пропускная способность ($\Delta_5 = 52$) оказались менее значимыми.

Таким образом, результаты проведенных экспертиз разными группами экспертов методом МАИ и априорного ранжирования факторов позволяют сделать следующие выводы.

Результаты оценивания совпали лишь для трех факторов ПТБ: k_1 – обеспеченность функциональными элементами, k_3 – обеспеченность диагностическим технологическим оборудованием и k_4 – адаптация элементов ПТБ к изменению конструкций АТС и условиям их работы. Фактор k_2 – внедрение средств механизации и автоматизации технологических процессов ТО и Р оказался значимым лишь в результате априорного ранжирования факторов. Такая оценка говорит о средней сходимости результатов оценивания.

Примечательно, что в ходе экспертизы были выявлен и введен в ранг значимых такой фактор как «Наличие и разработка проектной документации по строительству и реконструкции предприятий». Важность позиции специалистов Центра стандартизации и метрологии Орловского ЦСМ обоснована необходимостью обеспечения не только безопасной эксплуатации зданий и сооружений предприятий ТСА из-за недостаточного внимания разработке проектно-сметной документации, но возможностью значительного сокращения затрат на обеспечение работоспособности АТС ввиду применения рациональных архитектурно-планировочных и объемно-планировочных решений, особенно, в условиях ограничения ресурсов.

Применение экспертных методов оценки и интеграция результатов нескольких экспертиз дает возможность оперативно с определенной долей точности произвести анализ проблемы для производственной или организационной системы, дать оценку состояния системы и на ее основе выработать предложения и рекомендации по принятию управленческих решений.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Вентцель, Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. М.: Наука, 1988. – 256 с.
- 2 Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
- 3 Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Экспертные оценки. – М.: Наука, 1973. – 79 с.
- 4 Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами [Текст]: учебное пособие / МАДИ (ТУ) – М., 2001. - 262 с.
- 5 Алексахин, С.В. Прикладной статистический анализ [Текст]: учебное пособие / С.В. Алексахин, А.В. Балдин, А.Б.Николаев, В.Ю. Строганов.- М.: Издательство «ПРИОР», 2001.- 224 с.

Бакаева Наталья Владимировна

Орловский государственный технический университет, г. Орел.
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»
Тел.: +7 (4862) 73-29-94,
e-mail: natbak@mail.ru

Кулев Андрей Владимирович. студ.

Орловский государственный технический университет, г. Орел.
Студент кафедры «Сервис и ремонт машин»
Тел.: +7 (4862) 73-29-94

А.С. БОДРОВ, Д.О. ЛОМАКИН

ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ АВТОСЕРВИСНЫХ УСЛУГ

Высокие темпы роста парка легковых автомобилей привели к росту спроса на услуги по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей и послужили стимулом быстрого развития инфраструктуры автомобильного сервиса. При этом, спрос на услуги по техническому обслуживанию и ремонту транспортных средств удовлетворен в количественном плане, а качество оказываемых услуг оставляет желать лучшего. В связи с этим возникает необходимость совершенствования системы технического обслуживания и ремонта автомобилей, а именно улучшения качества услуг. В статье рассмотрены основные подходы к управлению качеством автосервисных услуг, определена возможность их использования в данной сфере, построено дерево целей для предприятия технического сервиса автомобилей, при этом в качестве генеральной цели рассматривается предоставление потребителю качественных автосервисных услуг, а также построено дерево систем предприятия технического сервиса.

Ключевые слова: *технический сервис автомобилей; программно-целевой подход; управление качеством; декомпозиция; дерево систем.*

The high growth rates of a motor-car fleet resulted in a growth of demand for motor-car technical servicing and repair and were an incentive for a quick development of motor-car service infrastructure. At the same time the demand for motor-car technical servicing and carrier repair is satisfied quantitatively, but a qualitative constituent leaves much to be desired. In connection with this fact arises a necessity for an improvement of motor-car technical servicing and repair and, in particular, for a servicing quality development. In the paper there are considered basic approaches to the quality management of motor-car technical servicing, the possibility of its use in this sphere, the tree of aims for a company of motor-car technical servicing is formed, at the same time as a general purpose rendering qualitative motor-car services is considered, besides the tree of systems for a motor-car technical establishment is created.

Keywords: *motor-car technical servicing, program-purposeful approach, quality management, decomposition, system tree.*

Последние несколько лет отмечены высокими темпами роста числа автотранспортных средств, при этом, следует отметить, что наряду изменением численности автопарка происходило и качественное изменение его структуры, в основном за счёт увеличения количества новых отечественных и импортных автомобилей и постепенного сокращения численности подержанных автомобилей. Высокие темпы роста парка легковых автомобилей в России и изменение его структуры привели к росту спроса на услуги автосервисных предприятий и послужили стимулом быстрого развития инфраструктуры автомобильного сервиса. Развитие предприятий автосервиса в последнее время происходит экстенсивным путем. Следует отметить, что изменился и подход к сервисным услугам, как у потребителей (автовладельцев), так и у самих предприятий сервиса (ПС). В настоящее время на первое место среди приоритетов руководителей ПС выходит привлечение новых, а самое главное удержание уже имеющих клиентов предприятий, ведь по данным ряда исследователей более

60% дохода ПС приносят именно постоянные клиенты. А удержание постоянных клиентов возможно лишь при предоставлении услуг отвечающих как по номенклатуре выполняемых работ, так и по качеству. Поэтому, проблемы качества оказываемых услуг ПС на сегодняшний день являются весьма актуальными. Это иллюстрирует опрос, проведенный Ассоциацией менеджеров России и компанией «Ernst & Young CIS», в котором участвовали более чем 350 руководителей различных компаний [1]. Как следует из результатов данного опроса, для российских менеджеров проблема управления качеством оказываемых услуг стоит в первоочередных задачах, тогда как в 1999 году занимала лишь пятое место в иерархии приоритетов руководителей.

Но перед руководителями ПС стоит сложная задача – адекватно современным условиям оценить качество услуг по ТО и Р автомобилей, выявить резервы для его повышения, а также спрогнозировать изменение уровня качества работ при проведении корректирующих мероприятий. Задача, безусловно, важная, т.к. в условиях рыночной конкуренции вложение денежных средств в проведение организационных и прочих мероприятий требует серьезного обоснования на основе расчетов и прогнозов, что весьма актуально в современных кризисных условиях.

Из теории технической эксплуатации автомобилей, одной из подсистем которой является сервисная система, известны два полярных метода управления автомобильным транспортом и его подсистемами: реактивный и целевой [2].

Возможность применения данных методов к управлению качеством автосервисных услуг может определена на основании рассмотрения особенностей применения этих методов.

При реактивном методе планирование осуществляется перед началом или в процессе действия, решения принимаются без глубокого анализа возможных путей и последствий и часто меняются, являясь своего рода реакцией на текущие события.

Реактивный метод характерен для систем, руководители которых игнорируют информацию обратной связи, состояние самой системы, а также изменение внешних факторов.

Однако при планировании уровня качества автосервисных услуг игнорирование информации обратной связи недопустимо, ввиду того, что это приведёт к оттоку клиентов от ПС.

Более перспективным, с точки зрения, повышения качества автосервисных услуг является целевой или программно-целевой метод управления.

Сущность программно-целевого метода управления заключается в четком определении конечной цели системы и в объединении в форме программы всех видов деятельности подсистем для достижения этой цели.

Целью системы является её возможное будущее состояние, достижимое с помощью определённых действий, являющихся следствием принимаемых решений. В нашем случае в качестве системы рассматривается ПС, целью которой является – предоставление потребителям качественных автосервисных услуг.

В качестве критерия при принятии решения используется понятие целевой функции (1). Целевая функция Y устанавливает количественные связи между уровнем достижения поставленных подцелей и факторами, которые влияют на состояние системы.

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

где x_1, x_2, \dots, x_n - совокупности факторов, влияющих на Y .

Конкретное значение Y может быть показателем эффективности данной системы.

Экстремальное значение целевой функции соответствует оптимальному уровню качества услуг ПС.

Программа – это законченный во времени и пространстве комплекс мероприятий, обеспечивающих достижение поставленной цели (или целей).

Программа «увязывает» цели с ресурсами, т.е. определяет необходимое количество ресурсов на каждой стадии для их преобразования в конечный (целевой) продукт или результат.

Таким образом, в программе представлена совокупность материальных средств, персонала и видов деятельности, сгруппированных по признаку общности целевого назначения.

Если такого сочетания нет, то это может быть перечнем действий, планом каких то мероприятий, наконец, сценарием развития, но не программой.

Программно-целевой подход предполагает следующую логику планирования и управления: цели – программы – ресурсы – план (решение) – реализация плана – новые или скорректированные цели.

Обычно система (или подсистема) имеет несколько целей, а поставленных перед системой целей можно достичь разными способами. Поэтому важно выявить все факторы или, по крайней мере, главные, способствующие достижению поставленной цели, и установить среди них определенную очередность или долю реализации с учетом важности каждого фактора для достижения системой конечной цели. Для этого строят дерево целей (ДЦ), т.е. упорядоченную иерархию целей, выражающую их соподчинение и внутренние взаимосвязи. Единственная вершина, называемая корнем, соответствует генеральной цели (цель высшего ранга или уровня). Цель высшего уровня соединена с целями нижестоящего уровня линиями (дугами), характеризующими отношение между целями разных рангов.

Однако автосервисные услуги — весьма специфический вид продуктов труда. В связи с этим для услуг существует специфический набор показателей качества, которые необходимо обеспечить ПС для достижения генеральной цели.

Перечень данных показателей включает в себя [3]:

1. Качество материальных элементов, используемых при оказании услуги.

2. Надежность оказываемой услуги.
3. Своевременность — обеспечение предоставления услуги строго в нужное клиенту время.
4. Полнота — предоставление клиенту услуги в полном объеме.
5. Социально-психологический показатель, определяющий вежливость по отношению к клиенту, его комфортность, т.е. гибкость и предусмотрительность сотрудников, степень гармоничной увязки с оперативными запросами и пожеланиями клиента.
6. Доступность — возможность клиента без дополнительных проблем воспользоваться предлагаемой ему услугой.
7. Коммуникабельность — обеспечиваемая фирмой, предоставляющей услугу, возможность простых и оперативных информационных и материальных обменов с клиентом.
8. Безопасность – гарантирование того, что предлагаемая услуга не причинит вреда жизни и здоровью клиента, будет безвредна для окружающей среды.

Основываясь на перечисленных показателях, произведем построение дерева целей (ДЦ) для ПС (рис. 1).

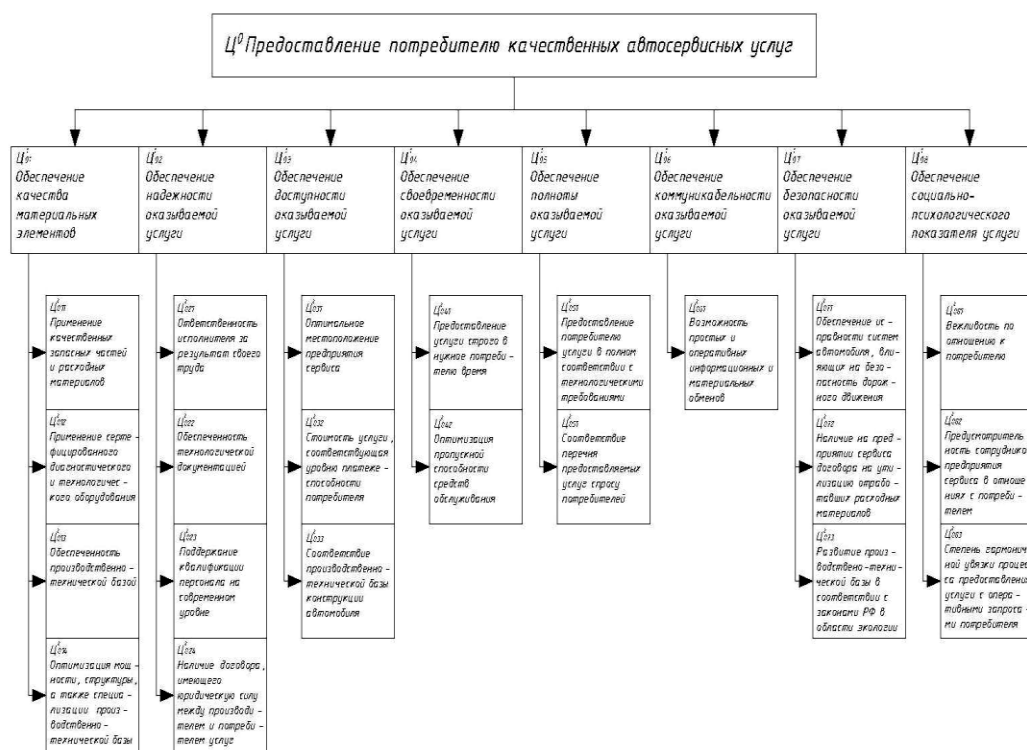


Рисунок 1 – Фрагмент ДЦ для ПС

При этом генеральной целью Ц⁰ является предоставление потребителю качественных автосервисных услуг. Целями первого уровня рассматриваемой системы ПС является достижение перечисленных выше показателей качества автосервисных услуг, а именно:

Ц¹₀₁ – обеспечение качества материальных элементов. Достижение данной подцели возможно при применении качественных запасных час-

тей и расходных материалов, сертифицированного диагностического и технологического оборудования; достаточной обеспеченности производственно-технической базой (ПТБ); оптимальной мощности, структуре, а также специализации ПТБ.

Ц¹₀₂ – обеспечение надежности оказываемой услуги. Здесь подразумевается гарантированность результата, другими словами, ПС приняв по установленной форме автомобиль клиента для ТО и Р, не может отказать потребителю в услугах по причинам внутреннего характера. Данная подцель может быть достигнута при наличии ответственности исполнителя за результаты своего труда; обеспеченности производственных процессов технологической документацией; квалифицированного персонала, а также документального оформления договорных отношений ПС и потребителя услуг.

Ц¹₀₃ – обеспечение доступности оказываемой услуги. Данная подцель может быть достигнута при выполнении следующих условий: оптимальном расположении предприятия сервиса; соответствии стоимости услуги уровню платежеспособности потребителя; соответствии ПТБ конструктивным особенностям обслуживаемого автомобиля.

Ц¹₀₄ – обеспечение своевременности оказываемой услуги. Достижение данной подцели зависит от оптимизации пропускной способности средств обслуживания, а также от того, предоставляется ли услуга в строго нужное потребителю время.

Ц¹₀₅ – обеспечение полноты оказываемой услуги, т.е. предоставление потребителю услуги в полном соответствии с технологическими требованиями, а также соответствие перечня предоставляемых услуг потребительскому спросу.

Ц¹₀₆ – обеспечение коммуникабельности оказываемой услуги. Достижение данной подцели возможно при наличии каналов для простых и оперативных информационных и материальных обменов.

Ц¹₀₇ – обеспечение безопасности оказываемой услуги. Достижение данной подцели обуславливается обеспечением исправности систем автомобиля, влияющих на безопасность дорожного движения; наличием на ПС договора на утилизацию отработавших расходных материалов; развитием ПТБ ПС в соответствии с законодательством РФ в области экологии.

Ц¹₀₈ – обеспечение социально-психологического показателя услуги. На достижение данной подцели оказывает влияние вежливость по отношению к потребителю; предусмотрительность сотрудников ПС в отношениях с потребителем; степень гармоничной увязки процесса предоставления услуги с оперативными запросами и пожеланиями потребителя.

Подобная модель ДЦ относится к классу неальтернативных, так как цели нижнего уровня необходимы для формирования целей верхнего уровня, т.е. цели нижнего уровня подчиняются целям верхнего. Следовательно, между факторами одного уровня, кроме верхнего и нижнего, существуют отношения дополнения, а между факторами разных уровней – подчинения.

Для выявления всех возможных способов достижения поставленной цели определим подсистемы ПС, которые находятся в определенных иерархических связях и по-разному могут влиять на достижение генеральной цели. Способы достижения поставленных целей требуют такой

же систематизации, как и сами цели и подцели. Необходимую систематизацию и упорядочивание выявленных способов достижения поставленной перед системой цели осуществим построением дерева систем (ДС).

Дерево систем (рис. 2) строится по тем же законам, как и дерево целей, т.е. определяется генеральная система C^0 , которая структурируется на подсистемы первого ($C^1_{01}, C^1_{02}, \dots, C^1_{0n}$), второго и последующих уровней. Задача будет сводиться к выбору подсистем наиболее эффективно влияющих на достижение поставленной цели системы.

Выстроим ДС ПС, акцентируя внимание на выделении отдельных наиболее значимых подсистем и установлении их взаимодействия.

Как следует из рисунка 2, важнейшими целереализующими системами первого уровня являются:

C^1_{01} – подсистема производственно-технической базы (ПТБ), характеризующаяся видами предприятий, зданиями, сооружениями, технологическим оборудованием, организационным и ресурсным обеспечением;

C^1_{02} – подсистема персонала, состоящая из подготовки, переподготовки кадров, повышения их квалификации в соответствии с потребностями рынка труда и предложениями сферы образования, а также введение новых и обновление перечня существующих профессий и специальностей;

C^1_{03} – подсистема материально-технического обеспечения, характеризующаяся каналами получения, хранения и методами доставки потребителям запасных частей и материалов, структурой дистрибьюторской и дилерской сети;

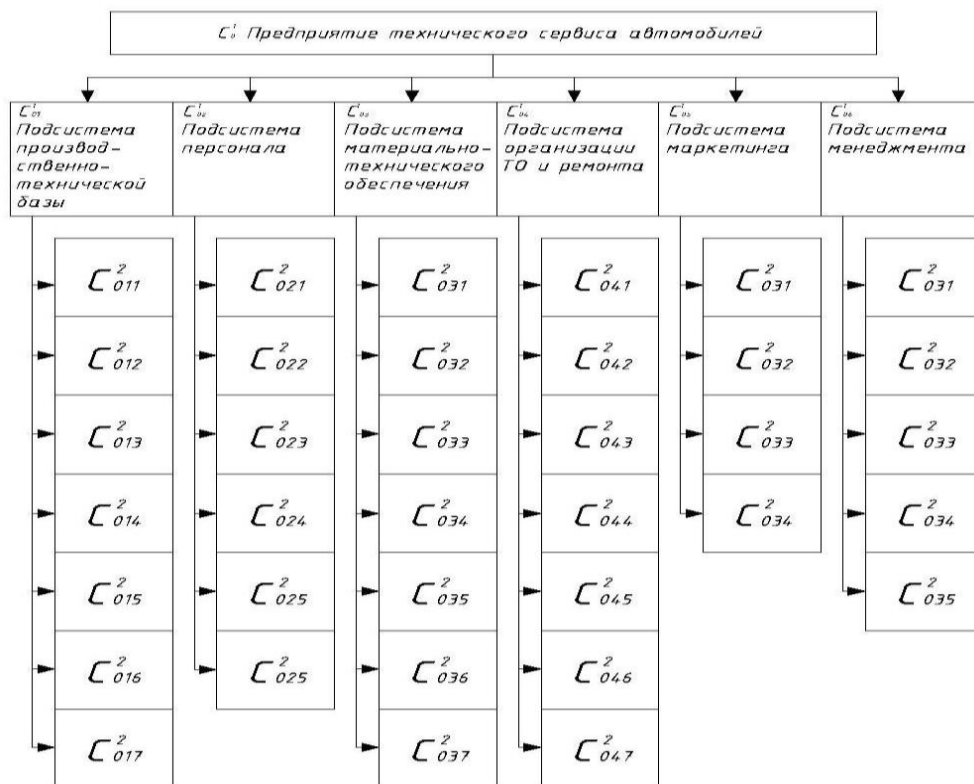


Рисунок 2 – Фрагмент ДС для ПС

S^1_{04} – подсистема организации ТО и Р, включающая регламентные технические воздействия и соответствующие им нормативы, а также подсистему управления качеством оказываемых услуг и выполняемых работ;

S^1_{05} – подсистема маркетинга, реализующая возможность анализа потребности в услугах и работах;

S^1_{06} – подсистема менеджмента, включающая управляющий персонал, а также организационно-производственные структуры.

Важность ДЦ и ДС состоит в том, что: цели системы представляются структурно; выявляются все главные факторы и подфакторы, влияющие на достижение поставленной цели; исключается реализация целей низшего уровня за счет целей высшего уровня (в ущерб им); выделяются факторы (или подфакторы) одного уровня, влияя на них в рамках ограниченных ресурсов (которыми, как правило, располагает система), можно наиболее эффективно продвигаться к поставленной цели. В системах реально и эффективно управлять и отслеживать можно только 7 ± 2 (число Мюллера) подсистемами, поэтому следует стремиться к тому, чтобы выбранных подсистем было не более 9. В этом случае система (ПС) является управляемой путём воздействия на эти факторы, что способствует достижению генеральной цели – предоставление потребителю качественных автосервисных услуг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Материалы опроса, проведенного Ассоциацией менеджеров России совместно с компанией «Ernst & Young CIS», на тему «Первоочередные задачи топ-менеджеров (по материалам сервера <http://www.amr.ru>).
2. Аристов О.В. Управление качеством: Учебник. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 240 с.
3. Кузнецов, Е.С. Управление техническими системами [Текст]: учебное пособие / МАДИ (ТУ) – М., 2001. - 262 с.

Бодров Андрей Сергеевич

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»
Тел. +7 (4862) 73-43-50, e-mail: sirm@ostu.ru

Ломакин Денис Олегович

Орловский государственный технический университет, г. Орел.
Аспирант кафедры «Сервис и ремонт машин»
Тел. +7 (4862) 73-43-50, e-mail: sirm@ostu.ru

Г. А. ГУСЕВ

ВСТРОЕННОЕ СРЕДСТВО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ФОРСУНОК БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ СИСТЕМАМИ ВПРЫСКА

В статье предлагается технология современного способа диагностирования штифтовых электромагнитных форсунок с распределённым последовательным согласованным впрыском топлива двигателей ВАЗ, с целью исключения возгорания автомобилей из-за негерметичности системы питания, контроля технического состояния приборов системы питания.

Ключевые слова: *распределенная система впрыска; электромагнитная форсунка; топливная рампа; функциональное диагностирование.*

In the paper there is offered a technology for an up-to-date diagnostic technique of pintle electromagnetic nozzles with a distributed successive coordinated fuel injection in VAZ engines, with the purpose of the engine ignition exclusion because of fuel system leakage, and control of a state of fuel supply system devices.

Keyword: *distributed injection system, electromagnetic nozzle, fuel ramp, functional diagnostics.*

Одним из основных факторов, определяющих энергетические, экономические и экологические характеристики ДВС, является совершенство системы питания топливом и поддержание её в исправном техническом состоянии.

Потеря герметичности и неравномерное распыление топлива электромагнитной форсункой определяется в автосервисах очень редко, так как эти неисправности не всегда легко обнаружимы. Проявляются они только при неустойчивой работе двигателя на минимальных оборотах (на холостом ходу), т. е. при неравномерности подачи различными форсунками или межцикловой подачи более 5 процентов. Из-за негерметичности форсунок и неравномерности распыления топлива, увеличивается образование топливной пленки на стенках впускного коллектора, ухудшается смесеобразование, значительно увеличивается износ поршневых колец, ухудшаются экологические показатели двигателя, увеличивается расход топлива [1].

Следует отметить, что конусное уплотнение бензиновой форсунки является наиболее слабым и уязвимым её узлом. Согласно требованиям производителей форсунок, герметичность конусного уплотнения считается удовлетворительной, если при рабочем давлении топлива в рампе ($0,30 \pm 0,02$) МПа, из торца распылителя выделяется одна капля топлива в течение одной минуты [2].

Одним из факторов, снижающих ресурс конусного уплотнения электромагнитных форсунок, является остаточное давление в топливной рампе после остановки двигателя. Из пленки топлива, оставшегося на сопрягаемых поверхностях распылителя, легкие фракции испаряются, а из

тяжелых фракций образуются смолистые отложения, снижающие со временем герметичность конусного уплотнения.

Причиной падения давления топлива в рампе может быть также отсутствие герметичности в регуляторе давления, в обратном клапане электробензонасоса и резиновых уплотнениях электромагнитной форсунки.

Особенно пожароопасное нарушение герметичности уплотнения (3) электромагнитной форсунки (1) с топливной рампой (2) (рис.1). Известны случаи возгорания автомобилей по этой причине в т.ч. и после возвращения из автосервиса после обслуживания электромагнитных форсунок со снятием их с двигателя.

На автомобилях ВАЗ с системами распределенного впрыска топлива при включенном зажигании, неработающем двигателе и работающем бензонасосе регулятор поддерживает давление в рампе в пределах от 284 до 325кПа (от 2,8 до 3,2 кгс/см²). По техническим требованиям допускается падение давления в рампе до 1кгс/см² за время не более 1 мин после выключения бензонасоса [2].

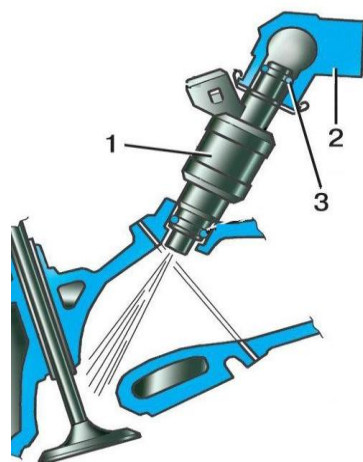


Рисунок 1 - Схема установки электромагнитной форсунки:
1-форсунка; 2-уплотнение; 3-топливная рампа

Безмоторное испытание форсунок трудоёмко, неудобно и некорректно.

Наша цель:

1. Разработать и предложить к внедрению, в том числе и по заказу автосервиса, встроенное средство диагностирования нарушений нормативов герметичности топливной системы при включении зажигания с выводом аварийной сигнализации водителю, и возможности распечатывания в автосервисе, совместно с другими диагностическими показаниями, для объективного контроля;
2. Предложить способ диагностирования равномерности работы форсунок в системе с последовательным впрыском, при работе двигателя на холостом ходу, используя предложенное ранее

встроенное средство диагностирования герметичности топливной системы.

Изменения давления в каком-либо объеме определяется из условия неразрывности потока по выражению

$$\alpha V \frac{dp}{d\tau} = \sum_i Q + \frac{dV}{d\tau},$$

где α – коэффициент сжимаемости жидкости, для бензина в первом приближении $\alpha = 9,20 \cdot 10^{10}$, Па⁻¹;

V – объем, м³,

P – давление, Па;

τ – время, с;

Q – расход жидкости, м³/с;

i – число каналов, соединяющих рассматриваемый объем с другими элементами системы топливоподдачи.

Контролируя скорость падения давления в топливной рампе после остановки двигателя, при неработающем электробензонасосе мы можем сделать вывод о герметичности топливной системы.

Установив постоянно цифровой датчик давления в штуцер для контроля давления топлива 4 на топливной рампе (Рис.2) с характеристикой максимального давления (P_{max}) равной 7бар, времени отклика (T_{answ}) равной 0.1мс и стоимостью от 30 до 200 долларов, создав программное обеспечение и выведя сигнал водителю, с возможностью, при необходимости распечатывания этих характеристик, мы обеспечиваем постоянный контроль за герметичностью топливной системы питания.

При работе двигателя на холостом ходу, измеряя величину падения давления в топливной рампе при открытии каждой электромагнитной форсунки в системе распределённого впрыска, сравнить полученные значения падения давления. Форсунку с отклонением падения давления на более чем $\pm 20\%$ от среднего значения для остальных трех форсунок, необходимо заменить.[3]

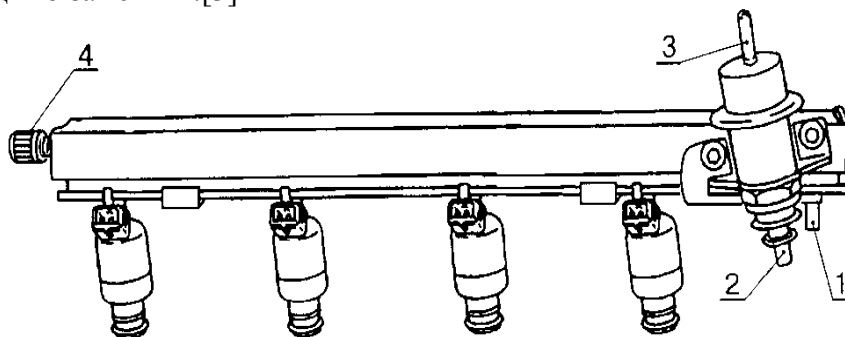


Рисунок 2 - Рампа форсунок VAZ 2112-1144010 в сборе с форсунками 2111-1132010 и редуктором давления топлива 2112-1160010:

1-штуцер (трубка) для подвода топлива; 2-штуцер для слива топлива;
3-трубка отбора разрежения из впускной трубы (ресивера); 4-штуцер контроля давления топлива

Внедрение встроенного средства диагностирования герметичности топливной системы, в любом случае потребует в системах с непосредственным впрыском бензина, учитывая применение более высокого давления впрыска и закрытие двигателя экранами шумоизоляции, мешающей визуальному и инструментальному контролю. Схема соединения форсунок для встроенного средства диагностирования представлена на Рис. 3

Учитывая изложенное выше, следует признать актуальными дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования, направленные на разработку и внедрение в бортовых системах функционального диагностирования двигателя специального блока или системы, встроенной в блок управления двигателем, позволяющей осуществлять непрерывный или периодический контроль за правильной работой электромагнитных форсунок и герметичностью системы питания.

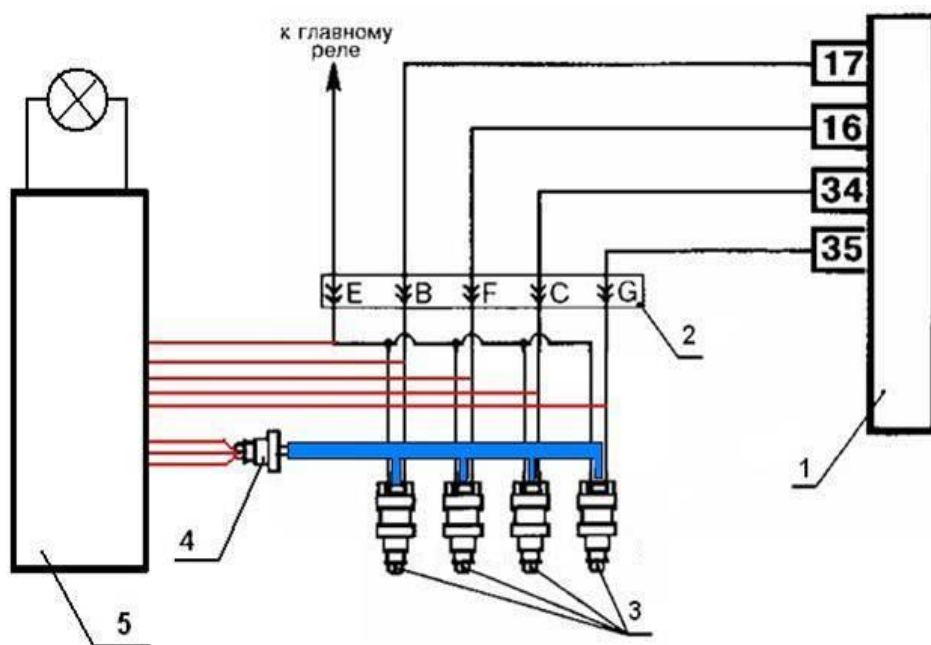


Рисунок 3 - Схема соединений форсунок для систем распределенного впрыска топлива с контроллерами BOSCH MPT.OH (2123 1411020 10), BOSCH MPT.OH EBP0 3 (2111 1411020 50, 2112 1411020 50, 21214 1411020):

- 1-контроллер инжектора («17», «16», «34», «35»-обозначения контактов контроллера);
- 2-контакты разъема жгута форсунок; 3-форсунки; 4-датчик давления;
- 5- контроллер диагностики

Результатами этих исследований должно быть последовательное решение нижеследующих задач:

1.Описание объекта диагностирования (электромагнитной форсунки) минимальной количественной совокупностью структурных параметров состояния и диагностических параметров.

2. Определение наиболее чувствительных диагностических параметров для распознавания распространённых дефектов электромагнитных форсунок.

3. Решение технических задач по достоверному и оперативному измерению диагностических параметров.

4. Разработка алгоритмов диагностирования и их апробирование в стендовых и эксплуатационных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грехов. Л.В., «Топливная аппаратура с электронным управлением дизелей и двигателей с непосредственным впрыском бензина». Учебно-практическое пособие. Изд. Легион - Автодата, М., 2001 -176с.

2. Ерохов. В.И., «Системы впрыска топлива легковых автомобилей». Изд. Транспорт, М., 2002 -174с.

3. Боюр. В.С, Куликов. А.В. Христов. П.Н. и др., «Системы распределённого впрыска топлива автомобилей ВАЗ – устройство и диагностика». Изд. ОАО НВП «ИТЦ АВТО». Тольятти, 2003 -127с

Гусев Геннадий Аркадьевич

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота, г. Калининград

Кандидат технических наук, доцент

Е-mail: denlokt@mail.ru

В.В. ЖУКОВ

ТЕРМОИСПЫТАНИЯ МДО-ПОКРЫТИЙ СФОРМИРОВАННЫХ НА ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЯХ ДВС АВТОМОБИЛЕЙ

Проведены термоиспытания покрытий сформированных на восстановленных электродуговой металллизацией деталях ДВС автомобилей из алюминиевых сплавов. Установлено, что в результате проведенных качественных исследований по двум методам (нагрева и изменения температур) на границе раздела покрытия и подложки вздутий и отслаиваний не наблюдалось.

Ключевые слова: электродуговая металллизация; микродуговое окисление; адгезия; электролит.

The thermo-tests of coating formed on aluminum alloy parts reconditioned by means of arc spraying in internal combustion engines are carried out. It is defined that as a result of qualitative investigations with two methods (heating and temperature changes) on the boundary of coating and a substrate division there were detected neither swellings nor peeling.

Keywords: arc spraying, micro-arc oxidation, adhesion, electrolyte.

ВВЕДЕНИЕ

Агрессивные жидкости (тосол, антифриз, ионизированная вода), применяющиеся в системе охлаждения, приводят к значительным коррозионным разрушениям корпусных деталей двигателей внутреннего сгорания. В настоящее время в условиях ремонтного производства для восстановления значительной номенклатуры корпусных деталей из алюминиевых сплавов с износом более 0,3 мм применяют один из способов газотермического напыления – электродуговую металллизацию (ЭДМ). Одним из способов упрочнения поверхностей деталей, восстановленных ЭДМ, является способ микродугового окисления (МДО), позволяющий формировать полифункциональные защитные покрытия с заданными эксплуатационными свойствами и обладающий рядом преимуществ по сравнению с традиционными технологиями упрочнения. Для деталей ДВС, работающих в условиях повышенных температур, одной из характеристик, определяющих эксплуатационные свойства покрытий, является их сцепляемость с основой.

Поэтому представляется целесообразным провести исследование адгезии покрытий, сформированных способом МДО, с поверхностью восстановленных электродуговой металллизацией деталей из алюминиевых сплавов

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Для проведения исследований изготавливали специальные образцы в виде дисков диаметром 30мм и толщиной 8 мм из литейного алюминиевого сплава АК9ч ГОСТ 1583-93.. При выборе материала руководствовались тем, что данный сплав применяется для изготовления головок блоков цилиндров двигателя ЗМЗ-53, а также других деталей автомобилей.

Электродуговую металлизацию осуществляли на установке ЭМ-14 используя присадочный материал марки АМг6, АД1 и АК9ч. Режимы металлизации: ток дуги – 310 А, напряжение – 30...35 В, подача присадочной проволоки диаметром 2 мм – 8,5 м/мин, расход сжатого воздуха – 2,8 м³/мин, давление сжатого воздуха – 0,5...0,7 МПа, расстояние от сопла металлизатора до поверхности образца – 100...120 мм, продолжительность процесса – 0,5...1 мин, толщина слоя покрытия – до 3,5 мм.

Чтобы придать напыленным поверхностям образцов правильную геометрическую форму и получить необходимые параметры шероховатости для нанесения покрытия их подвергали механической обработке на вертикально-фрезерном станке модели 6М12П.

Микродуговое оксидирование осуществлялось анодно-катодным методом при использовании двухфазного источника питания в электролите, содержащем дистиллированную воду с добавлением гидроксида калия КОН ГОСТ 9285-78 с концентрацией 3 г/л и жидкого натриевого стекла Na₂SiO₃ плотностью $\rho=1,47 \times 10^3$ кг/м³ и модулем $m=3,3$ ГОСТ 130078-81 с концентрацией 10 г/л. Время оксидирования составляло 90 мин. Толщина МДО-покрытия составляла 0,1...0,11 мм.

Оценка прочности сцепления покрытий, сформированных способом МДО, с основой проводилась методами нагрева и изменения температур в соответствии с ГОСТ 9.302-88. Они основаны на различии физико-механических свойств покрытия и металла.

Метод нагрева. Образец с покрытием нагревают до температуры 200⁰С, выдерживают в течении 1 часа и охлаждают на воздухе.

Метод изменения температур. Образец с покрытием нагревают до температуры 200⁰С, выдерживают в течении 15 минут и быстро охлаждают погружением в воду с температурой от 15 до 25⁰С. Суммарное количество циклов нагрева и охлаждения составляло 100.

Перед проведением испытаний из образцов готовили поперечные шлифы. Исходя из условий эксплуатации их стягивали специальными стяжками с усилием 78 Нм. Для нагрева образцов использовались лабораторная электропечь SNOOL 58/350 с автоматическим регулятором температуры. Чтобы точно определить момент прогрева образцов до заданной температуры, в печи был установлен образец – свидетель с термопарой. После каждого цикла нагрева и охлаждения проводили визуальный осмотр образцов на наличие вздутий или отслаивания покрытий. Исследование изменений в переходном слое на наличие микротрещин между покрытием и металлом проводили на исследовательском микроскопе Axioskop 2 MAT после каждых 4 циклов испытаний.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате проведенных качественных исследований по двум методам (нагрева и изменения температур) можно отметить, что на контролируемой поверхности вздутий и отслаиваний не наблюдалось (рис. 1,2).

Высокая адгезия обусловлена сцеплением так называемого «анкерного типа». Это происходит в результате частичного оплавления и перемешивания покрытия и его основы, возникающего в процессе МДО. Благодаря травлению металла при оксидировании переходный слой покрытия, проникая в образовавшееся при электродуговой металлизации

поры, способствует улучшению сцепляемости за счет увеличения площади контакта между покрытием и напыленным сплавом. При этом наблюдается эффект заполнения сложных приповерхностных пор материалом покрытия.

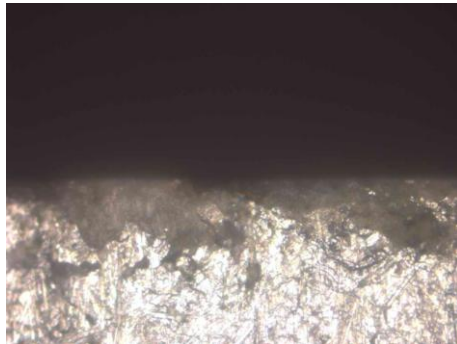


Рисунок1 – Поперечный шлиф образца, напыленного сплавом АМг6, с покрытием после проведения испытаний по методу нагрева, 200^Х.

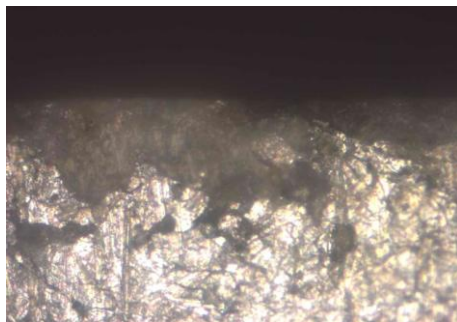


Рисунок 2 – Поперечный шлиф образца, напыленного сплавом АМг6, с покрытием после проведения испытаний по методу изменения температур, 200^Х.

Данный вид покрытий может быть рекомендован для упрочнения восстановленных электродуговой металлизацией изношенных деталей из алюминиевых сплавов, работающих в условиях повышенных температур, таких как головки блоков цилиндров ДВС автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Новиков А.Н. Ремонт деталей из алюминиевых сплавов. Учебное пособие. – Орел: Орловская государственная сельскохозяйственная академия, 1997.– 57с.
2. Соловьев О.О., Глоzman Л.Аи др. Электродуговая металлизация силовых головок цилиндров. // Механизация и электрификация в сельском хозяйстве. – 1990.–№10.– С. 53.
3. Фёдоров В.А., Великосельская Н.Д. Физико-механические характеристики упрочнённого поверхностного слоя на сплавах алюминия, получаемого при микродуговом оксидировании // Физика и химия обработки материалов, 1990. - №4. – с. 57...62.

Жуков Вячеслав Васильевич

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»
тел. +7 (4862) 73-29-94, E-mail: zhukov-sl@mail.ru

УДК 669.14:621.785.52

Д. В. КОЛМЫКОВ, А. А. СЕРЕБРОВСКИЙ, В. И. КОЛМЫКОВ

ОПЫТ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ХОДОВОЙ ЧАСТИ АВТОМОБИЛЕЙ ЦЕМЕНТОВАННЫМИ ЖЕЛЕЗОХРОМИСТЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Приведены результаты исследования процессов восстановления изношенных деталей автомобилей путем нанесения гальванических железохромистых покрытий и их цементации с образованием поверхностных карбидосодержащих слоев с высокой твердостью и износостойкостью. Показана высокая эффективность метода при восстановлении деталей ходовой части грузовых автомобилей.

Ключевые слова: цементированные покрытия; железохромистые покрытия; карбидосодержащие слои; гальванические покрытия; железохромистый сплав.

There are shown investigation results of motor-car worn-out parts reconditioning by means of coating of metal deposit iron-chromium coatings and their case-hardening with the formation of surface carbide-containing layers with high hardness and endurance. A high efficiency of the method is shown in the course of reconditioning truck running gear parts.

Keywords: carbonized coatings, iron-chromium coatings, carbide-containing layers, metal deposits, iron-chromium alloy.

В процессе эксплуатации автомобиля его рабочие качества постепенно ухудшаются из-за износа деталей, а также коррозии и усталости материала, из которого они изготовлены. Вследствие этого в автомобиле появляются неисправности, вызывающие его отказ. Особенно опасными являются неисправности деталей ходовой части автомобиля, от которых зависит безопасность движения. С другой стороны, величины износов многих деталей автомобилей, поступающих в капитальный ремонт, весьма незначительны, и их выбраковка нецелесообразна с экономической точки зрения. Восстановление деталей в несколько раз дешевле изготовления новых, а использование прогрессивных технологий восстановления и последующего упрочнения восстановленных деталей может обеспечить их послеремонтный ресурс не ниже ресурса новых деталей, а во многих случаях превысить его [1].

Анализ износов деталей ходовой части автомобилей типа ЗИЛ, поступающий в капитальный ремонт (шкворней поворотных кулаков, осей тормозных колодок, осей разжимных кулаков пневматических тормозов), показывает, что средние износы этих деталей составляют 0,038...0,13 мм (рис. 1).

Судя по величинам износов, исследованные детали целесообразно восстанавливать гальваническими покрытиями, в частности электролитическим железнением. Железнение отличается высокой производительностью, экономичностью и технологической простотой, широко используется в ремонтном производстве. Однако, во многих случаях детали с электроосажденными железными покрытиями по износостойкости и другим эксплуатационным характеристикам уступают новым деталям, которые при изготовлении подвергаются упрочняющей обработке. Такими

детальями как раз являются названные выше детали ходовой части автомобиля.

Коренным образом улучшить эксплуатационные свойства деталей с железными покрытиями на поверхности можно методами химико-термической обработки, в частности, широко известной цементацией. Причем, цементацию можно провести таким образом, что на поверхности восстановленных деталей будут получены диффузионные слои, насыщенные большим количеством высокотвердых карбидных включений, обладающие очень высокой износостойкостью [2]. Кроме того, цементация позволит создать на поверхности восстановленных деталей сжимающие напряжения, что благоприятно скажется на их усталостной прочности.

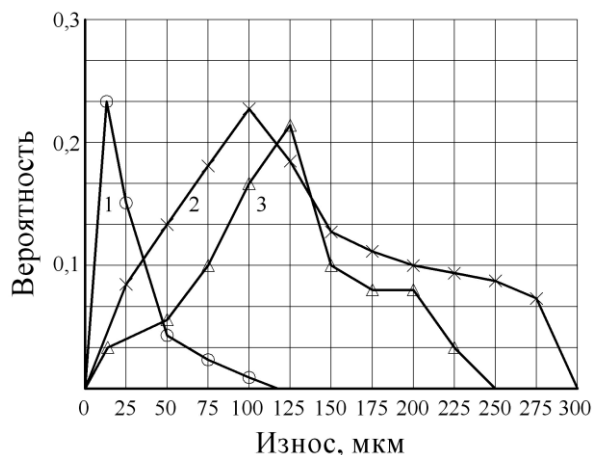


Рисунок 1 – Опытные кривые (полигоны) распределения износов деталей ходовой части автомобиля ЗИЛ-130: 1 – шкворня поворотного кулака ($I_{cp} = 0,038$ мм); 2 – шейки оси тормозной колодки ($I_{cp} = 0,13$ мм); 3 – опорной шейки разжимного кулака ($I_{cp} = 0,121$ мм)

Для получения на поверхности деталей глубоких карбидосодержащих слоев при цементации нужно, чтобы были выполнены два обязательных условия. Во-первых, цементуемая сталь должна быть легирована достаточно активными карбидообразующими элементами, связывающими углерод в карбиды. Во-вторых, науглероживающая способность карбюризатора должна быть достаточно высокой, чтобы обеспечить необходимое (на уровне чугунов или ледебуритных сталей) содержание углерода в диффузионном слое.

Из всех карбидообразующих элементов наиболее подходящим для легирования цементуемой стали с целью получения в ее диффузионных слоях большого количества карбидной фазы является хром. Он в наибольшей степени способствует усвоению углерода при цементации, образуя специальные карбиды типа $(Cr, Fe)_{23}C_6$ и $(Cr, Fe)_7C_3$, а также стабилизирует цементит $(Fe, Cr)_3C$, способствуя его росту в аустенитно-карбидной системе. Кроме того, значительная часть хрома, находящегося в стали, не участвует в карбидообразовании, а остается в твердом растворе, оставаясь в твердом растворе, способствуя его хорошей прокаливаемости. Поэтому, для обеспечения возможности эффективного упрочнения

восстановленных деталей цементацией на их поверхности необходимо осаждать не чистое железное покрытие, а железохромистый гальванический сплав.

Для получения железохромистых покрытий нами предложен [3] электролит следующего состава (кг/м³): сернокислое железо FeSO₄ – 250...400, нитрат хрома Cr(NO₃)₃ – 5...20, сульфат натрия Na₂SO₄ – 20...40. Осаждение гальванического железохромистого покрытия проводили, используя асимметричный ток промышленной частоты, что способствовало значительному повышению скорости осаждения гальванического покрытия.

Содержание хрома в электролитических осадках и структура покрытия, как показывают наши исследования, в большой мере зависят как от состава электролита, так и от режимов электролиза. Повышение концентрации сернокислого железа в электролите приводит к повышению скорости осаждения покрытия, но снижает содержание хрома. Увеличение концентрации Cr(NO₃)₃ в электролите приводит практически к прямопропорциональному повышению содержания хрома в гальваническом осадке (рис. 2). Максимальное содержание хрома при прочих равных условиях получается в гальваническом покрытии если вести электролиз при коэффициенте асимметрии (отношении катодного тока к анодному) $\beta=6$ и плотности тока $D_K=40$ А/дм². Скорость осаждения покрытия при принятых режимах электролиза составляет ~ 0,3 мм/час, содержание хрома в покрытии может быть получено до 7 %. Микроструктура железохромистого покрытия представлена на рис. 3.

Анализ процессов диффузии углерода в двухфазных аустенитно-карбидных структурах показал, что при науглероживании покрытий до высоких содержаний углерода, необходимых для образования большого количества избыточных карбидов, углеродный потенциал традиционных газовых и твердых карбюризаторов недостаточен. Науглероживающая среда для этих целей, как показали наши исследования, должна быть комбинированной – состоящей из газовой углеродсодержащей атмосферы и высокоактивного углеродного покрытия на цементуемой поверхности, наносимого на нее в виде пасты.

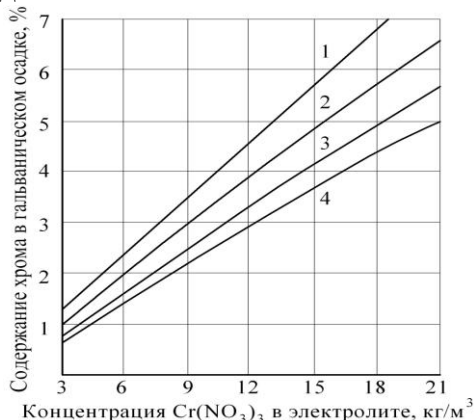


Рисунок 2 – Зависимости содержания хрома в гальваническом осадке от концентрации азотнокислого хрома в электролите при различных концентрациях сернокислого железа: 1 – 250 кг/м³; 2 – 300 кг/м³; 3 – 350 кг/м³; 4 – 400 кг/м³

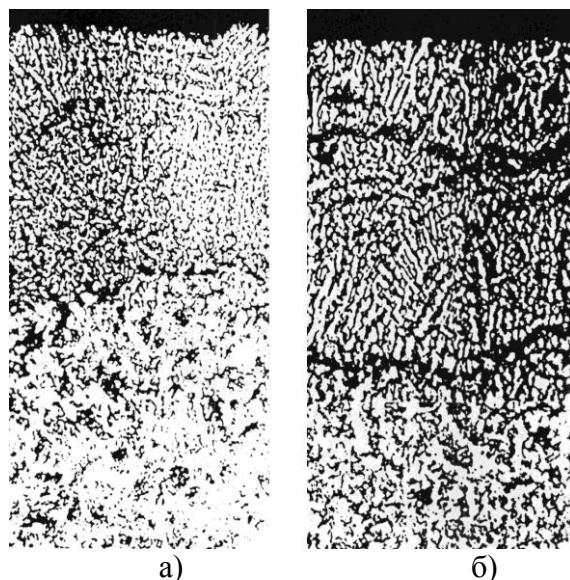


Рисунок 3 – Микроструктуры железохромистых покрытий, полученных при различных режимах электролиза ($\times 300$): а) – $\beta = 4$, $D_K = 20$ А/дм²; б) – $\beta = 6$, $D_K = 40$ А/дм² (длительность осаждения – 30 мин)

Экспериментальное исследование науглероживающей способности пастообразных карбюризаторов различных составов показало, что наилучшие результаты по глубине и содержанию карбидов в железохромистых сплавах обеспечивает цементация в пастообразном карбюризаторе, состоящем из мелкодисперсной газовой сажи ДГ-100, углекислого бария $BaCO_3$ и поливинилацетатной эмульсии ПВА (в качестве пастообразователя) в соотношении 40:20:40 (% масс). В качестве газовой атмосферы, подаваемой в цементационную печь для обеспечения углеродного подпора, могут быть использованы продукты распада синтина или другой углеродсодержащий газ. Температура цементации – 880...900 °С.

Аналогичные результаты получаются если цементацию изделий, покрытых пастой, проводить в цементационных контейнерах с твердым углеродсодержащим наполнителем (древесным углем, чугушной стружкой и др.). Это особенно удобно для ремонтного производства, так как позволяет использовать для цементационного нагрева любые термические устройства. Наконец, в цементующей пасте углекислый барий можно заменить более дешевым углекислым натрием (содой), однако при этом нельзя использовать повышенные температуры цементации (выше 950 °С) во избежание окисления поверхности.

В результате цементации железохромистых гальванических осадков в карбонатно-сажевой пасте на их поверхности образуются диффузионные слои, насыщенные большим количеством карбидов. Содержание карбидной фазы зависит главным образом от содержания в покрытиях хрома (рис. 4). Карбидная фаза в цементованных железохромистых покрытиях (от 1 до 3 % Cr), как показывают рентгеноструктурные исследования, представлена цементитом.

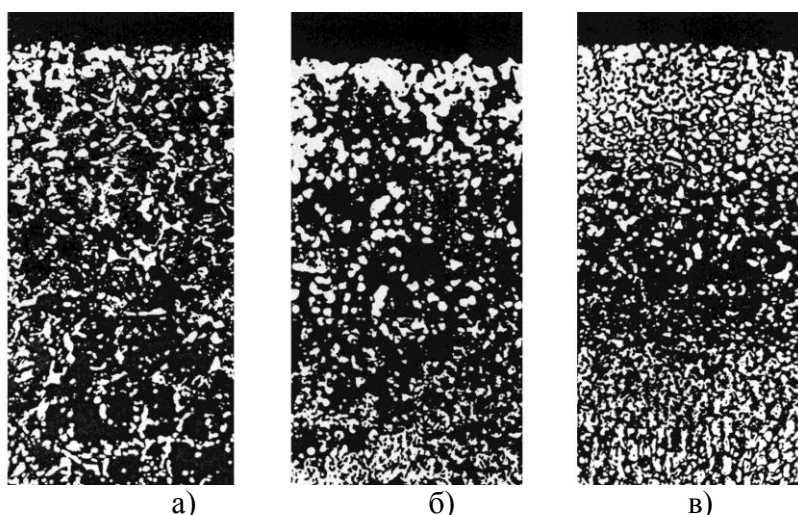


Рисунок 4 – Микроструктуры цементованных железохромистых покрытий с различным содержанием хрома ($\times 300$): а) – 0,95 %; б) – 1,51 %; в) – 3,07 %

Наиболее высокое содержание карбидной фазы в диффузионных слоях, как и наибольшая глубина этих слоев, получаются при цементации покрытий с содержанием хрома 1,5...2 %. Меньшее содержание хрома приводит к уменьшению количества карбидов в слое, большее содержание – к снижению глубины цементации. Скорость цементации покрытия с двумя процентами хрома при температуре 900°C составляет 0,18...0,20 мм/ч.

После закалки (с 880 °C в масле) и низкого отпуска цементованные железохромистые покрытия приобретают весьма высокую твердость, достигающую HRC 66...68. Такая твердость обуславливается, очевидно, наличием на поверхности покрытия большого количества карбидов и мартенситным превращением в нижележащих зонах, чему способствует насыщение их углеродом и легирование покрытия хромом.

С другой стороны, наличие в структуре цементованных покрытий большого количества хрупких карбидных включений предопределяет их невысокую ударную вязкость, хотя, округлая форма карбидных частиц (по сравнению с острыми концентраторами напряжений) несколько смягчает их негативное действие. При содержании цементита в структуре до 50 % ударная вязкость цементованных покрытий вполне удовлетворительная, на уровне ударной вязкости закаленной на мартенсит высокоуглеродистой стали. При дальнейшем повышении содержания карбидов в структуре ударная вязкость резко падает.

Прочность сцепления гальванических железохромистых покрытий с основным металлом в результате цементации заметно увеличивается. Если в исходном состоянии, при самой тщательной подготовке основы под осаждение и применении разгонного режима в начале электролиза, прочность сцепления составляет примерно 230...250 МПа, то после це-

ментации (900°C, 6ч) прочность сцепления уравнивается с прочностью основы, граница между покрытием и основой полностью размывается.

Цементация железохромистых гальванических покрытий изменяет характер внутренних напряжений в этих покрытиях. В исходном состоянии (после электроосаждения) во всех покрытиях, с различным содержанием хрома и разной толщины, имеют место только растягивающие напряжения, причем их уровень в некоторых случаях превышает предел прочности покрытия (образуются трещины и расслоения). После цементации и закалки в железохромистых покрытиях возникают сжимающие напряжения, величина которых достигает -200...-400 МПа, в зависимости от режимов упрочняющей обработки. При этом наибольшие сжимающие напряжения возникают в относительно тонких слоях с небольшим количеством карбидов. Сжимающие напряжения обеспечивают восстановленным деталям высокий предел выносливости.

Изношенные детали ходовой части автомобилей после предварительной механической обработки (шлифования) для выведения износа подвергали гальваническому наращиванию железохромистым сплавом. Наращивание производилось в электролите, содержащем 400 кг/м³ FeSO₄, 17 кг/м³ Cr(NO₃)₃ и 20 кг/м³ Na₂SO₄. Для электроосаждения использовали гальваническую ванну с водяным охлаждением, которая позволяла поддерживать температуру электролита на уровне 20 °С. Электролиз вели при коэффициенте асимметрии $\beta=6$ и плотности катодного тока $D_K=40$ А/дм² в течение 1,5 часов. Содержание хрома в покрытии составляло ~ 2 %, толщина покрытия – 0,4...0,5 мм

После наращивания металла детали подвергали механической обработке для придания им необходимых размеров и формы. При этом остаточная толщина обработанного покрытия составляла около 0,3 мм.

Подготовленные детали покрывали цементующей обмазкой (путем погружения в емкость с пастой) толщиной примерно 1,5 мм и высушивали. Затем детали с сухим цементующим покрытием помещали на специальных подвесах в цементационную печь Ц25, разогретую до температуры 900 °С. В печь из капельницы подавали жидкий карбюризатор – синтин, в количестве 60 кап/мин. Длительность цементации составляла 2 часа. После цементации детали очищали от остатков обмазки и закаливали с 880 °С в масле, а затем подвергали отпуску при 180 °С в течение 2 часов.

Упрочненные детали после финишной обработки устанавливали на автомобили, используемые на перевозки сельскохозяйственных грузов, в основном по грунтовым дорогам. Для получения сравнимых результатов экспериментальные детали чередовали с новыми. Перед установкой деталей на машины проводилось их микрометрирование.

Автомобили с экспериментальными деталями за время испытания прошли от 31 до 64 тысяч километров, после чего исследуемые детали были сняты с автомобилей и снова подвергнуты микрометрированию. Результаты испытаний представлены в таблице.

Таблица 1 – Результаты эксплуатационных испытаний деталей, восстановленных железохромистыми покрытиями с последующей цементацией

Наименование детали	Восстановленные детали		Стандартные детали		Отношение износа стандартных деталей к износу восстановленных
	Количество деталей, шт	Скорость изнашивания, мм/10 ⁴ км	Количество деталей, шт	Скорость изнашивания, мм/10 ⁴ км	
Шкворень поворотного кулака	6	0,0014	4	0,0032	2,2
Разжимной кулак тормозных колодок	12	0,0085	6	0,0153	1,8
Ось колодки тормозов	12	0,0027	12	0,0062	2,3

Эксплуатационные испытания показали высокую эффективность предлагаемого способа восстановления автомобильных деталей, что позволяет рекомендовать его для внедрения в ремонтное производство. Предлагаемая технология предполагает использование дешевых и доступных материалов, типового оборудования, отличается высокой производительностью и экологической чистотой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Юдин, М. И. Организация ремонтно-обслуживающего производства в сельском хозяйстве. [Текст]/ Н. И. Стукопин, О. Г. Ширай. Краснодар: Изд-во КГАУ, 2002. 944 с.
2. Переверзев, В. М. Диффузионная карбидизация стали. [Текст]/ В. М. Переверзев. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1977. 92 с.
3. Пат. 2285065 Российская Федерация, МПК⁵¹ С 25 D 3/56. Способ электролитического осаждения сплава железо-хром [Текст]/ В. И. Серебровский, Н. В. Коняев, Д. В. Колмыков; патентообладатель ФГОУ ВПО Курская государственная сельскохозяйственная академия им.проф. И. И. Иванова. – Заявка: 2005106549/02,09.03.2005; опубл. 10.10.2006, Бюл. №28.

Колмыков Денис Валерьевич

Курская государственная сельскохозяйственная академия, г. Курск
Аспирант кафедры «Механизация животноводства и ремонт машин»

Колмыков Валерий Иванович дтн, проф.

Курская государственная сельскохозяйственная академия, г. Курск
Доктор технических наук, профессор кафедры «Механизация животноводства и ремонт машин»

УДК 629.331.042

В.В.НЕДОЛУЖКО

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ КРАСОК ПРИ ОКРАШИВАНИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Приведено сравнение жидких лакокрасочных материалов с порошковыми композициями, а также указаны недостатки применения традиционных методов окрашивания кузовов автомобилей и преимущества порошковых материалов. Указаны перспективы применения порошковых ЛКМ.

Ключевые слова: жидкие лакокрасочные материалы; порошковые лакокрасочные материалы; дисперсионная среда; полидисперсные системы; термопластичные краски; терморезактивные краски.

There is shown a comparison of liquid paintwork materials with powder compositions and also shortcomings of common methods use for car body coating and advantages of powder materials are pointed out. The outlooks for powder paintwork materials application are pointed out.

Keywords: liquid paintwork materials, powder paintwork materials, disperse medium, polydisperse systems, thermoplastic coatings, thermosetting coatings.

В производстве автомобилей окраска занимает значительное место, достигая 10% всех трудозатрат. Это связано с тем, что автомобильные лакокрасочные покрытия являются многокомпонентными системами, которые состоят из различных грунтовок, эмалей, а иногда и лаков, причем каждый компонент системы имеет индивидуальные технологии нанесения и сушки. Если добавить, что технология подготовки поверхности перед окраской автомобилей также весьма сложна и трудоемка, то становится понятным столь большой объем окрасочного производства.

Причина сложности технологии кроется в том, что требования к свойствам конечного лакокрасочного покрытия очень высоки, и удовлетворить им можно только с помощью такой системы покрытия, где каждый компонент вносит свой вклад в обеспечение необходимых свойств.

В настоящее время можно выделить три основных направления развития лакокрасочных материалов:

- традиционные органорастворимые лакокрасочные материалы;
- водорастворимые лакокрасочные материалы;
- порошковые лакокрасочные материалы.

Традиционные органорастворимые лакокрасочные материалы занимают в настоящее время, доминирующее положение в области окрашивания. При окрашивании приходится использовать многослойные покрытия, состоящие из адгезионной грунтовки, шпатлевки, грунта-наполнителя, базисного и отделочного лакокрасочного материала (ЛКМ). При этом в силу специфики окрасочных работ очень серьезное внимание приходится уделять экологическим и технологическим свойствам материала.

Исследователи подсчитали, что доля органических растворителей, которые улетучиваются в атмосферу при производстве и применении только лакокрасочных материалов, составляет 32% от общей массы вы-

бросов летучих органических веществ. И сейчас Европейским Союзом ставится задача резкого сокращения этих выбросов, в частности, потому, что летучие органические соединения способствуют образованию озона вблизи поверхности Земли.

Указанные недостатки жидких органорастворимых лакокрасочных материалов стимулируют поиск и разработку новых композиций, с низким содержанием летучих (VOC).

Основой современных лакокрасочных систем, обладающих низким содержанием VOC, стали водоразбавляемые эмали, входящие в двух- и трехслойные окрасочные системы (базовые покрытия). При этом грунты и лаки окрасочной системы выполнены на органорастворимой основе, но содержание в них VOC строго ограничено таким образом, что усредненные выбросы от всех используемых в окрасочной системе продуктов не должны превышать 420 г/л.

В водоразбавляемой системе 90% обычных растворителей по объему заменяет деминерализованная вода.

Однако вода накладывает жесткие ограничения на температурный диапазон хранения водорастворимых красок — категорически не допускается хранение при температуре ниже +5°C и выше +40°C. При работе с водоразбавляемыми красками особое внимание уделяется обезжириванию и удалению силикона, так как водные составы очень чувствительно реагируют на любые остатки жиров и масел.

Технический прогресс в области органических покрытий, связанный решением экологических и экономических проблем и необходимости повышения качества защиты изделий, привёл на рубеже 60-70-х годов XX столетия к появлению принципиально нового вида лакокрасочных материалов — порошковых красок.

Эти материалы известные за рубежом под названием «Powder coating» или «Pulverlacke», за сравнительно короткий промежуток времени получили исключительно широкое развитие и применение. Рост их производства в мире в последние двадцать лет составил 10...15% в год, в то время, как для жидких лакокрасочных материалов — не превысил 3...5%.

По сравнению с традиционными лакокрасочными материалами порошковые краски обеспечивают практически безотходную технологию производства покрытий (потери лакокрасочного материала 1...2 %), также физико-механические свойства покрытий из порошковых красок по многим факторам превосходят покрытия из жидких лакокрасочных материалов.

Применение порошковых красок позволяет снизить энергозатраты при производстве покрытий на 20-40% по сравнению с использованием традиционных жидких лакокрасочных материалов. Так, если коэффициент использования традиционных жидких красок (в зависимости от сухого остатка и метода нанесения) составляет 25-65%, материалов с высоким содержанием нелетучих — 80-85%, то в случае порошковых красок — 97%.

Близкие к жидким краскам по составу (по сухому остатку) и назначению, порошковые лакокрасочные материалы, однако, существенно отличаются от них по свойствам. Если традиционные жидкие краски —

растворы и дисперсии – типичные жидкие тела, то порошковые относятся к группе твёрдых (порошковых) тел. То, что в порошковых красках в качестве дисперсионной среды выступает воздух, а не растворитель или вода, как это имеет место в жидких лакокрасочных материалах, делает их технически, экологически и экономически выгодными в применении. Порошковые краски условно относят к материалам со 100%-м сухим остатком.

Все промышленные порошковые краски – полидисперсные системы. Они имеют, как правило, большой разброс по размеру частиц, лежащий в пределах от 5-10 до 60-100 мкм (при сухом просеве) – для красок, наносимых электростатическим распылением, и от 5-10 до 250-350 мкм – для красок, наносимых в кипящем слое. Краски должны быть однородными по цвету и составу, сыпучими (угол естественного откоса свободно насыпанного порошка – не более 40°), не гигроскопичными; температура стеклования материала – не менее 50°C. Насыпная плотность красок в зависимости от типа пленкообразователя и пигментов существенно различается: для красок на основе полиолефинов она составляет 0,2-0,4, эпоксидных олигомеров – 0,5-0,7, полифторолефинов – 0,6-0,8 г/см³.

Выделяют две группы порошковых красок: термопластичные и термореактивные. Первые образуют покрытия без химических превращений, в основном за счёт сплавления частиц при нагревании с последующим затвердеванием расплавов при охлаждении. Получаемые из них плёнки термопластичны и растворимы. Их состав соответствует составу исходного материала. Краски второй группы формируют покрытие в результате сплавления частиц и протекания в расплавленном материале химических реакций. Такие покрытия необратимы, не плавки и не растворимы. По объёму производства термореактивные краски значительно превосходят термопластичные, они составляют до 80% общего выпуска порошковых лакокрасочных материалов.

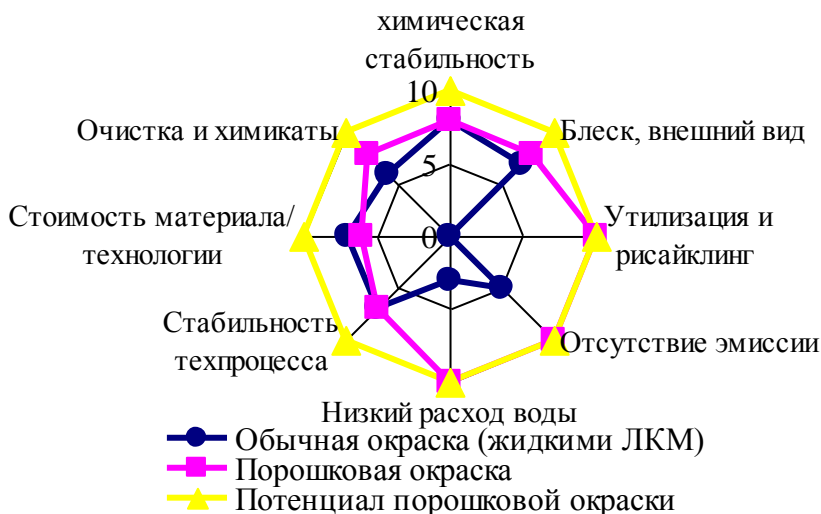


Рисунок 1 – Диаграмма сравнительных показателей окраски жидкими и порошковыми ЛКМ

Согласно прогнозам фирмы PPG, комплекс лакокрасочных материалов (ЛКМ) для отделки автомобиля будущего будет включать следующие компоненты:

- электрофорезную грунтовку, не содержащую свинцовых добавок;
- водоразбавляемую или порошковую шпатлевку;
- водоразбавляемую композицию для базисного слоя;
- порошковую композицию для прозрачного верхнего слоя.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика комплексных систем для окраски автомобилей с точки зрения экологической полноценности

Структура покрытия	Тип ЛКМ				Эмиссия летучих, г/см ²
	Грунтовка	Шпатлёвка	Базисный слой	Отделочный слой	
1	Электрофорезная	Органо-разбавляемая	Органо-разбавляемый	Органо-разбавляемый	76
2	Электрофорезная	Органо-разбавляемая	Водоразбавляемый	Водоразбавляемый	36
3	Электрофорезная	Водоразбавляемая	Водоразбавляемый	Водоразбавляемый	27
4	Электрофорезная	Водоразбавляемая	Водоразбавляемый	Порошковый	20

Как видно из выше приведённых данных применение порошковых красок имеет ряд преимуществ, по сравнению с традиционными эмалями. Это проявляется в сокращении количества наносимых слоёв лакокрасочных материалов. Так при применении порошковой краски возможно нанесение одного слоя толщиной до 100 микрон, в то время как, при использовании эмалей необходимо наносить два – три слоя, при этом суммарная толщина этих слоёв составляет 35...40 микрон. Кроме того при проведении исследований порошковая краска наносилась на металл, без предварительного грунтования. Полученные при этом покрытия имели хорошую степень адгезии к стальной поверхности, а также хорошие антикоррозионные показатели.

Главными факторами, определяющими экономическую эффективность производства и применения порошковых красок, являются:

- отсутствие в их составе летучих компонентов, в первую очередь органических растворителей;
- почти 100%-ное использование материала при получении покрытий;
- пригодность для эксплуатации однослойных покрытий.

Если при получении покрытий из традиционных жидких красок газы выделения в форме испаряющихся растворителей составляют 30-70%, то при использовании порошковых красок они не превышают 1%. Отсутствие растворителей сокращает издержки производства лакокрасочных материалов и покрытий: устраняется необходимость обезвреживания отходящих

газов и сточных вод, упрощается система мер санитарной и противопожарной безопасности, аннулируются непроизводительные затраты на растворители.

При нанесении на поверхность красок (жидких-пневматическим распылением, порошковых-электростатическим) потери составляют соответственно 35...40 и 0,2...1,0%. Таким образом, с учетом содержания летучей части коэффициент использования сухого вещества жидких красок составляет не более 30%, порошковых – 98...99%.

Производство покрытий из порошковых красок относится к категории безотходных.

Следует отметить, что большинство порошковых красок из-за отсутствия в них растворителя - одного из дешевых компонентов - дороже однотипных жидких красок. Это вносит свои коррективы в себестоимость покрытий: без учета экологических факторов в зависимости от вида, сложности и назначения покрытия окраска порошковыми красками может обходиться дешевле или дороже, чем жидкими.

Фактором эффективности является долговечность покрытий. Покрытия из порошковой краски в большинстве случаев показывают лучшие защитные свойства и имеют больший срок службы, чем покрытия из растворов и дисперсий полимеров. Это объясняется тем, что порошковые краски не содержат посредников плёнообразования (растворителей, воды) и ПАВ, и приготавливаются преимущественно на термореактивных олигомерах и полимерах кристаллической структуры с повышенной химической стойкостью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бодров А.С. Особенности применения порошковых красок при ремонтном окрашивании автомобилей [Текст]// А.С. Бодров// Объединённый научный журнал №11 2006г. с. 69-71.
2. Новиков А.Н. Технология ремонтного окрашивания машин порошковыми красками. [Текст]// А.Н. Новиков, А.С. Бодров// Международный научный журнал №1 2007г. с.24-28.

Недолужко Владимир Валентинович

Орловский государственный технический университет, г. Орел

Аспирант кафедры «Сервис и ремонт машин»

Тел: +7(4862) 73-43-50; E-mail: Vnedoluzhko@yandex.ru

УДК 621.793.7

В. И. СЕРЕБРОВСКИЙ, В. В. СЕРЕБРОВСКИЙ,
Д. В. КОЛМЫКОВ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖЕЛЕЗНЫХ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ, ЛЕГИРОВАННЫХ ВОЛЬФРАМОМ И МОЛИБДЕНОМ, ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Приведены экспериментальные данные по твердости, усталостной прочности и износостойкости двухкомпонентных железо-вольфрамовых и железо-молибденовых гальванических покрытий, используемых для восстановления изношенных деталей машин. Показано, что введение в электролитическое железо 2 % W или 1 % Mo повышает его твердость и износостойкость в 1,5...2 раза, что приближает железные покрытия по эксплуатационным характеристикам к закаленным среднеуглеродистым сталям.

Ключевые слова: железные гальванические покрытия; легирование; электролитическое железнение; двухкомпонентный осадок; микротвердость покрытий; граничное трение.

There are shown experimental data on hardness, fatigue strength and endurance of two-pot iron-tungsten and iron-molybdenum metal deposit coatings used for motor-car worn-out part reconditioning. It is shown that the addition into electrolytic iron 2% W or 1% Mo should increase its hardness and endurance one and a half–twice as much, that approaches iron coatings with functional properties to hardened medium-carbon steel.

Keywords: iron metal deposits, alloying, electrolytic dry topping, two-component sediment, micro-hardness of coatings, boundary friction.

Электролитическое железнение широко используется в ремонтном производстве для восстановления широкой номенклатуры деталей автомобилей, тракторов и других машин, имеющих самые различные износы – от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Этот способ восстановления отличается высокой производительностью, технологической простотой и относительной дешевизной, однако для многих деталей современных машин, работающих при повышенных нагрузках, железнение оказывается недостаточно эффективным.

При современном состоянии ремонтного производства наиболее приемлемым направлением повышения механических и эксплуатационных свойств восстановленных деталей следует признать использование износостойких гальванических сплавов на основе железа, без дополнительной упрочняющей обработки. При этом наибольший интерес могут представлять сплавы, легированные вольфрамом или молибденом, поскольку названные металлы обладают высокой твердостью и теплостойкостью и, благодаря этому, используются для легирования многих износостойких сталей [1].

Для получения железо-вольфрамовых и железо-молибденовых покрытий на стальных деталях были использованы хлоридные электролиты

и асимметричный переменный ток промышленной частоты, что обеспечило высокую скорость осаждения и хорошее качество осадков [2,3]. Для насыщения железных покрытий вольфрамом и молибденом в процессе электроосаждения, были использованы дешевые соли этих металлов: вольфрамат натрия $\text{NaWO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ и молибдат аммония $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Составы электролитов для получения легированных железных покрытий представлены в таблице. Оптимальная плотность катодного тока, обеспечивающая получение качественных покрытий всех типов, составляла $D_k=40 \dots 50 \text{ А/дм}^2$ при коэффициенте асимметрии $\beta=4 \dots 6$.

Таблица 1 - Составы электролитов для получения легированных железных осадков

Тип покрытия	Концентрация компонентов, кг/м ³					
	Хлорид железа $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Вольфрамат натрия $\text{NaWO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Молибдат аммония $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Лимонная кислота $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Хлорид натрия NaCl	Соляная кислота HCl
Железное *)	400...600	-	-	-	10...20	1,0
Железо-вольфрамовое	350...400	0,5...5,0	-	4,0...6,0	-	1,0...1,5
Железо-молибденовое 350...400	-	-	0,5...2,0	4,0...5,0	-	1,0...1,5

*) Железное покрытие использовалось для сравнительных испытаний

Содержание легирующих элементов в гальванических покрытиях практически прямо пропорционально зависит от концентрации вольфрама – и молибденсодержащих солей в электролите (рис.1).

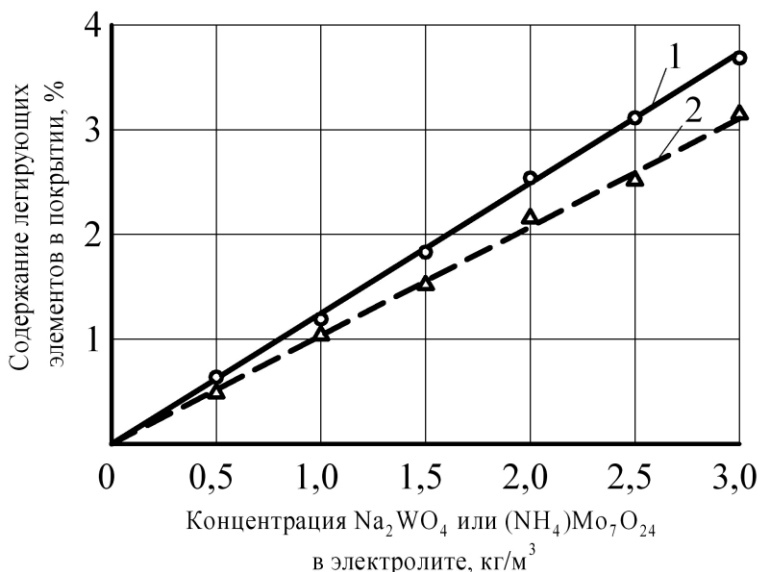


Рисунок 1 – Влияние концентрации солей вольфрама и молибдена в электролитах на содержание легирующих элементов в железных покрытиях:
1 – Fe – W; 2 – Fe – Mo

Микроструктура двухкомпонентных осадков сильно зависит от содержания в них легирующих элементов (рис.2).

Как показал микроструктурный анализ, при содержании в железных покрытиях менее 3 % W или 1,5 % молибдена их структура однородна и достаточно мелкозерниста, она практически не отличается от структуры чистого железа. При повышении концентрации легирующих элементов в покрытиях выше названных значений в них начинают появляться трещины, количество и размеры которых увеличиваются по мере повышения степени легирования.

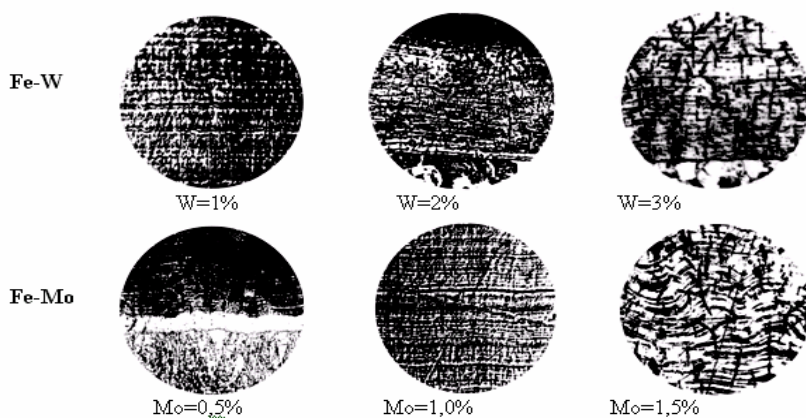


Рисунок 2 – Микроструктуры электроосажденных железо-вольфрамовых и железо-молибденовых покрытий ($\times 300$).

Микротвердость железных покрытий существенно зависит от содержания в них вольфрама и молибдена (рис.3).

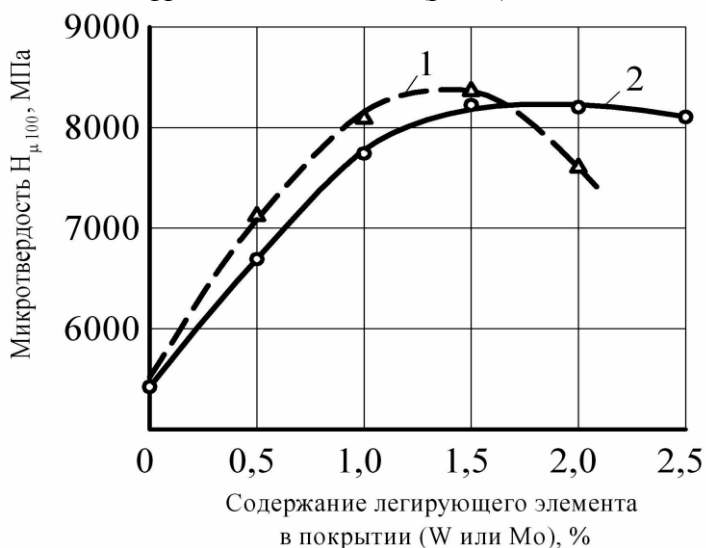


Рисунок 3 – Влияние содержания легирующих элементов на микротвердость железных покрытий: 1 – Fe – W; 2 – Fe – Mo

Максимальная микротвердость легированных покрытий составляет 8250...8300 МПа при содержании в них 1,5...2,5% W или 1.0...1,5%

Мо. Это значительно превышает твердость чистого электролитического железа, которая максимально составляет 5200...5500 МПа.

Прочность сцепления железо-вольфрамовых и железо молибденовых покрытий с основным металлом выше чем чистого электролитического железа – 300...350МПа против 100...250МПа соответственно. Надо отметить, что прочность сцепления покрытий всех типов с основой очень сильно зависит от режимов электролиза. Повышение плотности катодного тока, как и увеличение значения коэффициента асимметрии, снижает прочность сцепления покрытий с основным металлом.

С увеличением плотности катодного тока и коэффициента асимметрии увеличиваются внутренние растягивающие напряжения в железных покрытиях, причем самые высокие напряжения оказываются в первых слоях покрытий, контактирующих с основным металлом. По мере увеличения толщины гальванических осадков внутренние напряжения в них снижаются. При толщине покрытий ~ 10мкм напряжения в чистом электролитическом железе достигают 250МПа, в железо-вольфрамовых и железо-молибденовых покрытиях – 180...190МПа, при толщине покрытий более 30 мкм напряжения в них составляют ~ 150 МПа для чистого железа и 100...120 МПа для легированных покрытий. Таким образом, добавки вольфрама или молибдена в железные покрытия снижают величину растягивающих напряжений в них в 1,25...1,5 раза.

В соответствии с влиянием на внутренние напряжения в гальванических покрытиях, вольфрам и молибден повышают предел выносливости восстановленных деталей. При испытании на усталость образцов из стали 45 с покрытиями толщиной ~ 0,3 мм были получены следующие результаты: предел выносливости образцов с чистым железом составил примерно 140 МПа (для нормализованной стали 45 предел выносливости составляет 250 МПа), для образцов с покрытием, содержащим 2,5 %, предел выносливости составил 200МПа, а для образцов с покрытием, содержащим 1,2 % Мо, - 212 МПа. Как видно из экспериментальных данных, по усталостным характеристикам железо-вольфрамовые и железо-молибденовые покрытия приближаются к основному материалу (стали 45), что следует признать одним из главных достоинств предлагаемых гальванических сплавов.

Износостойкость гальванических покрытий, наряду с их усталостной прочностью, является определяющим фактором, влияющим на долговечность восстановленных деталей. На износостойкость покрытий влияет структура, химический состав, твердость, внутренние напряжения и другие факторы, определяемые условиями осаждения. Для железо-вольфрамовых и железо-молибденовых покрытий были получены эмпирические зависимости интенсивности изнашивания при граничном трении от параметров электролиза:

$$I_{\text{Fe-W}}=27,17-5,5C_{\text{W}}+0,75C_{\text{W}}^2-4,6\beta+0,37\beta^2+0,14C_{\text{W}}\beta-0,001D_{\text{к}}^2;$$

$$I_{\text{Fe-Mo}} = 25.6 - 27.2C_{\text{Mo}} + 13.23C_{\text{Mo}}^2 - 2\beta + 0.13\beta^2 + 0.65C_{\text{Mo}}\beta - 0.0014Dk^2;$$

где $I_{\text{Fe-W}}$ и $I_{\text{Fe-Mo}}$ – соответственно интенсивность изнашивания железо-вольфрамовых и железомолибденовых покрытий (г/ч); C_W и C_{Mo} – концентрации вольфрама- и молибденсодержащих солей в соответствующих электролитах (кг/м³); β – коэффициент асимметрии тока; Dk – плотность катодного тока (А/дм²).

Эксперимент показал, что основное влияние на износ железных покрытий оказывает концентрация в них легирующих элементов. Наибольшую износостойкость, как и наибольшую твердость, имеют покрытия, содержащие ~ 2 % вольфрама, или ~ 1 % молибдена. Износостойкость легированных покрытий гораздо выше (более чем в 2 раза) износостойкости чистого электролитического железа и даже выше износостойкости основного металла – стали 45 (рис.4).

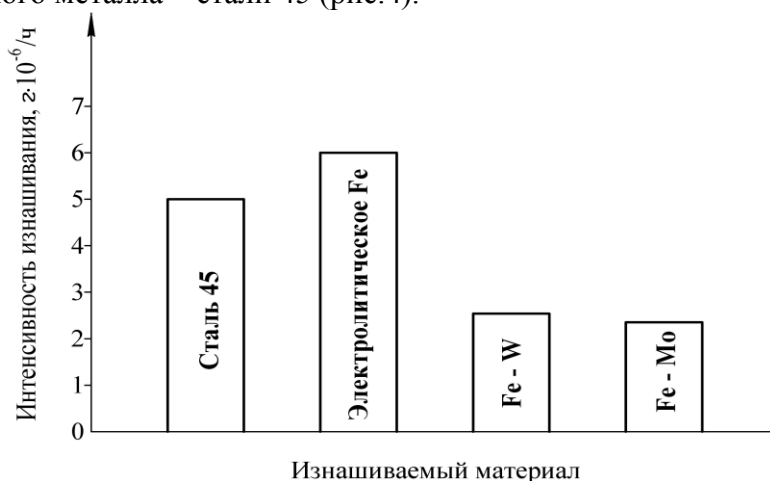


Рисунок 4 – Интенсивность изнашивания электролитических покрытий при граничном трении (контртело-чугун Сч 21)

Изнашивание электролитических покрытий имеет некоторые особенности, по сравнению с изнашиванием закаленной стали. Микротвердость изнашиваемой поверхности образцов из закаленной стали 45 по мере испытания постепенно снижается, с 7500...8000 МПа в начале испытаний до 6000...6300 МПа (в 1,3 раза) в конце испытаний (путь трения $54 \cdot 10^3$ м). Это свидетельствует о том, что под действием локального нагрева в процессе трения в тонких поверхностных слоях стали происходит отпуск, что, в свою очередь, вызывает повышение интенсивности изнашивания.

В гальванических покрытиях такого снижения твердости не наблюдается, поскольку они не подверглись закалке, а первоначальная твердость была получена непосредственно в процессе электрокристаллизации. Железо-вольфрамовые и железо-молибденовые покрытия имеют стабильно высокую износостойкость, независимо от длительности изнашивания.

Таким образом, анализируя вышеприведенные экспериментальные данные, можно заключить, что использование для восстановления изношенных деталей железо-вольфрамовых или железо-молибденовых покрытий позволит поднять уровень их эксплуатационных свойств по критериям износостойкости и усталостной прочности) до состояния новых деталей. При этом высокий эффект упрочнения будет достигнут без усложнения и удорожания традиционной технологии электролитического железнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудремон Э. Специальные стали. Т.1. – М.: Металлургия, 1966. – 736 с.
2. Способ электролитического осаждения сплава железо-вольфрам / В.И.Серебровский и др. // Патент на изобретение № 2192509. 2002 – 6с.
3. Способ электролитического осаждения сплава железо-молибден / В.И.Серебровский и др. // Патент на изобретение № 2174163. 2001 – 6 с.

Серебровский Владимир Исаевич

Курская государственная сельскохозяйственная академия, г. Курск
Доктор технических наук, профессор

Серебровский Вадим Владимирович

Курская государственная сельскохозяйственная академия, г. Курск
Доктор технических наук, профессор

Колмыков Денис Валерьевич

Курская государственная сельскохозяйственная академия, г. Курск
Аспирант

УДК: 656.13

М.А. ТРЕФИЛОВ, В.А. ДАМЗЕН

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ПОВРЕЖДЕННЫХ ШИН ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

В статье приводятся результаты исследований по определению диагностических параметров поврежденных и восстановленных шин автомобилей. Установлена зависимость коэффициента затухания амплитуды отскока в режиме свободных колебаний от давления при наличии дефекта в шине. Разработана методика для количественной оценки наружных и скрытых дефектов шин.

Ключевые слова: диагностические параметры; эксплуатационные показатели; коэффициент затухания амплитуды отскока; область доверительных вероятностей.

In the paper the results of investigations for definition diagnostic parameters of damaged and reconditioned motor-car tyres are shown. The dependence of a damping factor of bounce amplitude under conditions of free oscillations upon pressure at available tyre defect is defined. The methods for a quantitative assessment of both obvious and hidden defects in tyres are developed.

Keywords: diagnostic parameters, operating characteristics, damping factor of bounce amplitude, sphere of confidence probabilities.

Шины обеспечивают современному автомобилю достижение высоких эксплуатационных показателей (комфортабельность и управляемость, безопасность и высокие скоростные качества). В процессе службы их свойства ухудшаются. Некоторые свойства частично могут быть восстановлены. Пригодные к восстановлению наложению нового протектора покрышки должны соответствовать требованиям ОСТ 38-47-171-95 "Покрышки пневматических автомобильных шин и бескамерные шины, пригодные к восстановлению наложением нового протектора".

Покрышки для легковых автомобилей с признаками старения покрышных резин (затвердевание или растрескивание в виде сетки трещин) принимаются на восстановление с возобновлением протектора и боковин - по типу "В" (ОСТ 38-47-170-95). Однако, значения твердости (разница твердостей) или другие параметры поврежденного и неповрежденного участков (новой или старой шины) не указаны. Переход скрытых повреждений в видимые, в частности, с явными признаками старения покрышных резин (затвердевание или растрескивание) оценивается по появлению сетки мелких трещин глубиной более 1 мм у покрышек легковых автомобилей и более 2 мм у покрышек грузовых автомобилей.

Для повышения точности оценки скрытых и наружных дефектов предлагается использовать параметры динамической жесткости шин.

В качестве объекта исследования использовалась шина ROSAVA BC-11 175\70R13, на протекторной части которой на участке 100 мм имеются мелкие трещины длиной до 10мм и глубиной до 1мм. Осциллограммы свободных колебаний снимали при изменении давления от 0,1 до 0,3 МПа с шагом 0,05 МПа в шести точках по окружности шины. Затуха-

ние свободных колебаний происходило за 14 – 16 циклов. Для расчетов использовались 10 первых полных колебаний. В качестве диагностического параметра использовался коэффициент затухания.

Как показали результаты эксперимента, при контакте дефектного участка шины с опорной площадкой стенда происходит уменьшение абсолютных значений и увеличение разброса измеряемых величин (величина динамического прогиба). В зависимости от давления в шине, коэффициент затухания амплитуды отскока в режиме свободных колебаний с учетом измерений на дефектном участке изменяется от 0,303 до 0,255 (рис.), что составляет более 18,8 % .

На дефектном участке коэффициент затухания амплитуды отскока в режиме свободных колебаний, по сравнению с бездефектными участками, уменьшился с 0,302 – 0,304 (разброс 0,002 или $\pm 0,7\%$) до 0,290 – 0,297 (разброс 0,007 или $\pm 1,2\%$) при давлении в шине 0,14 МПа. Абсолютное среднее значение коэффициента затухания уменьшилось на $0,3030-0,2935=0,0095$, что составило 3,2% по отношению к среднему значению коэффициента затухания дефектного участка.

При давлении в шине 0,3 МПа коэффициент уменьшился с 0,267 – 0,272 (разброс 0,005, $\pm 1,9\%$) для бездефектного участка до 0,254 – 0,260 (разброс 0,006, $\pm 2,3\%$) – для дефектного. Абсолютное среднее значение коэффициента затухания уменьшилось на $0,2695-0,2570=0,0125$, что составило 4,9% по отношению к среднему значению коэффициента затухания дефектного участка.

Таким образом, на участке с дефектом, разброс коэффициента затухания амплитуды отскока в режиме свободных колебаний изменяется в пределах 1,2 – 2,3 %, в зависимости от давления, а на бездефектных участках – 0,7-1,9%. При этом по окружности шины, наблюдается относительное изменение коэффициента затухания амплитуды отскока в режиме свободных колебаний. По сравнению с исправными участками шины на дефектном участке наблюдается уменьшение коэффициента на 3,2 – 4,9 % при изменении давления в шине от 0,14 до 0,3 МПа (рис.).

Можно сделать следующие выводы:

коэффициент затухания амплитуды отскока в режиме свободных колебаний при наличии дефекта в шине при любом давлении в установленном диапазоне всегда меньше по сравнению с бездефектными участками;

коэффициент затухания амплитуды отскока в режиме свободных колебаний по мере увеличения давления уменьшается;

коэффициент затухания амплитуды отскока в режиме свободных колебаний при наличии дефекта в шине по мере увеличения давления уменьшается более интенсивно по сравнению с бездефектными участками;

области доверительных вероятностей коэффициентов затухания при фиксированных значениях давления в шинах не перекрываются, что свидетельствует об однозначности выбранного диагностического параметра.

Нормы давления в шинах могут иметь отклонения от базовых значений при изменении нагрузки на шину и ее характеристик. Шины, аналогичные опытной устанавливаются на автомобилях ВАЗ 2105, -2107. Экономическая нагрузка и соответствующее давление в шинах 405 кг и 0,2 МПа. Максимальная допустимая нагрузка и соответствующее давление в шинах 450 кг и 0,28 МПа. Минимальная допустимая нагрузка и соответствующее давление в шинах 285 кг и 0,14 МПа. Внутреннее давление в шинах по осям: 0,17 МПа - передняя; 0,2 МПа - задняя.

Для задней оси и экономической нагрузке значение коэффициента затухания амплитуды отскока шины в режиме свободных колебаний равно 0,282. Дефектному участку коэффициент затухания амплитуды отскока шины в режиме свободных колебаний равный 0.282 соответствует при давлении в шине 0,17 МПа (рис.) и соответственно минимально допустимой нагрузке в 345 кг. Условное относительное снижение давления и минимально допустимой нагрузки составило по 15%.

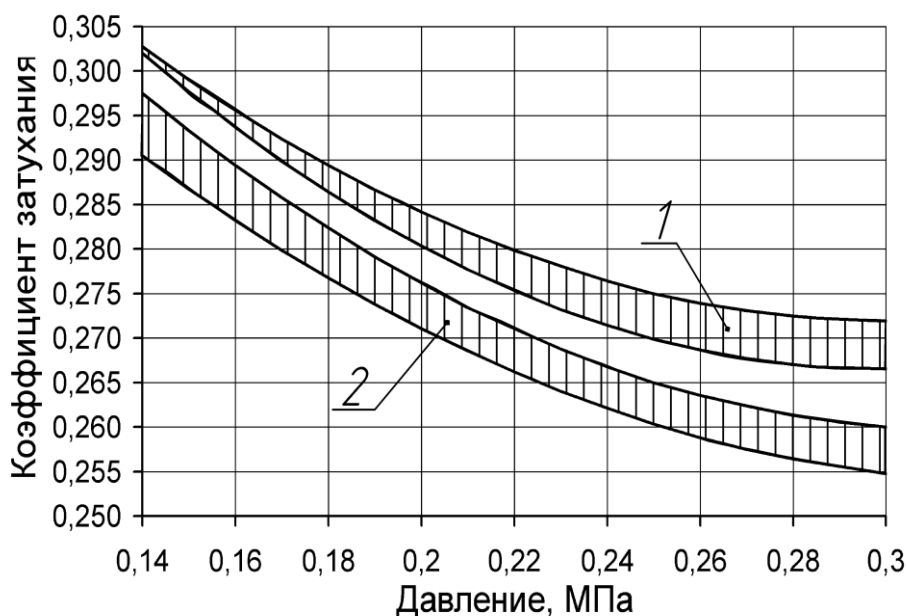


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента затухания амплитуды отскока в режиме свободных колебаний от давления при наличии дефекта в шине: 1 – участки без дефекта; 2 – участок с дефектом; заштрихованные области соответствуют вероятности 90%.

Нормы внутреннего давления воздуха в шинах должны соблюдаться с точностью: для шин легковых автомобилей до 0,01 МПа; для шин грузовых автомобилей до 0,02 МПа. Условное снижение давления по коэффициенту затухания амплитуды отскока в режиме свободных колебаний опытной шины составило 0,03 МПа, поэтому, данная шина не пригодна к эксплуатации и подлежит восстановлению.

Последовательность проведения измерений выглядит следующим образом:

по нормативно-технической документации определяем минимально допустимое давление в конкретной шине;

устанавливаем колесо в сборе на стенд;

доводим внутреннее давление в шине до требуемого минимального значения;

по результатам измерений рассчитываем коэффициент затухания амплитуды отскока бездефектного участка шины в режиме свободных колебаний при минимально допустимом внутреннем давлении;

по результатам измерений рассчитываем коэффициент затухания амплитуды отскока дефектного участка шины в режиме свободных колебаний при минимально допустимом внутреннем давлении;

увеличиваем давление в шине на 0,01 МПа (0,02 МПа);

по результатам измерений рассчитываем коэффициент затухания амплитуды отскока бездефектного участка шины в режиме свободных колебаний при повышенном давлении в шине;

сравниваем коэффициент затухания амплитуды отскока бездефектного участка шины в режиме свободных колебаний при повышенном давлении в шине и коэффициент затухания амплитуды отскока дефектного участка шины в режиме свободных колебаний при минимально допустимом давлении в шине;

если коэффициент затухания амплитуды отскока бездефектного участка шины в режиме свободных колебаний при повышенном давлении в шине меньше коэффициента затухания амплитуды отскока дефектного участка шины в режиме свободных колебаний при минимально допустимом давлении в шине, то дефект считается допустимым;

если коэффициент затухания амплитуды отскока бездефектного участка шины в режиме свободных колебаний при повышенном давлении в шине больше коэффициента затухания амплитуды отскока дефектного участка шины в режиме свободных колебаний при минимально допустимом давлении в шине, то дефект считается недопустимым.

Таким образом, предлагаемая методика эффективна для количественной оценке наружных и скрытых дефектов шин. Наибольшая точность достигается при минимально допустимом давлении в шине. Если коэффициенты затухания амплитуд отскоков дефектного и недефектного участков шины в режиме свободных колебаний будут соответствовать внутренним давлениям в шине, отличающимся между собой до 0,01 МПа (до 0,02 МПа) дефект можно считать допустимым, в противном случае – дефект считается недопустимым.

Трефилов Михаил Анатольевич

Саратовский государственный технический университет, г. Саратов

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство»

Дамзен Виктор Александрович

Саратовский государственный технический университет, г. Саратов

Ассистент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство»

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

УДК 622.23.05:622.235

Ю.Н. КАМАНИН, Г.А. БЕЛОУСОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКОЛА КУСКА ПОРОДЫ ПРИ УДАРНОМ НАГРУЖЕНИИ МИНЕРАЛЬНОГО МАССИВА

Повышение эффективности безвзрывного способа разрушения крепких горных пород обуславливает широкое применение в горнодобывающей поверхности гидравлических ударных устройств. Исследование механизма передачи энергии удара и напряженно-деформированном состоянии забоя позволяет выбирать рациональные параметры силового воздействия

Ключевые слова: ударное нагружение; энергоемкость разрушения; безвзрывный способ разрушения; гидравлические ударные устройства.

The effectiveness increase in a non-explosive method of hard rock destruction stipulates for a wide use of hydraulic percussive devices on mineral surface. The investigation of a transfer mechanism of blow energy and a deflected mode of a pit-face allow choosing the rational parameters for a power effect.

Keywords: shock loading, power intensity of destruction, non-explosive method of destruction, hydraulic blow devices.

Для ударных нагрузок, производимых механическим инструментом на процессы деформирования и разрушения, имеют значение не только параметры удара, но и схемы приложения ударной нагрузки, которые во многих случаях ведут к существенному увеличению разрушенной части. Это позволяет ставить вопрос о снижении энергоемкости разрушения и об увеличении производительности труда в строительстве и в горнорудной промышленности. Обеспечение низких удельных энергозатрат при разрушении крепких материалов импульсными механическими нагрузками открывает перспективу создания высокопроизводительных машин и оборудования. В настоящее время эти вопросы изучены недостаточно и представляют особый интерес для дальнейших исследований.

При отражении объемной волны от свободной поверхности за счет действия растягивающих напряжений могут быть созданы предпосылки к опережающему развитию магистральной трещины, зародившейся в зоне контакта с материалом. Получение эффекта опережающей пролонгированной трещины позволяет увеличить объем материала, отделенного от массива за один цикл ударного нагружения, т.е. повысить производительность и снизить удельные энергозатраты на разрушение горных пород [1,2].

В целях оптимизации режимов разрушения крепких минеральных сред разработана математическая модель напряженно-деформированного состояния массива при ударном воздействии инструмента. На рисунке 1 представлена расчетная схема, где по инструменту 2, длиной $l_2 = 480i \text{ } i$

и диаметром $d_2 = 98 \text{ мм}$, опертому в уступ 3 наносится удар массивным телом 1 (бойком) длиной $l_2 = 180 \text{ мм}$ и диаметром $d_2 = 50 \text{ мм}$.

В качестве расчетного варианта минеральной среды была принята среда со следующими, физико-механическими свойствами: модуль Юнга $E_3 = 0.71 \cdot 10^5 \text{ Па}$, коэффициент Пуассона $\mu_3 = 0.25$, плотность $\rho_3 = 2760 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, предел прочности на сжатие $\sigma_{сж3} = 83 \text{ МПа}$ и на растяжение $\sigma_{р3} = 8 \text{ МПа}$ [3]. Для инструмента приняты соответственно следующие параметры: $E_2 = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$, $\mu_2 = 0.3$, $\rho_2 = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Расчетный период времени составил $t = 2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$, временной шаг $\Delta t = 1 \cdot 10^{-6} \text{ с}$.

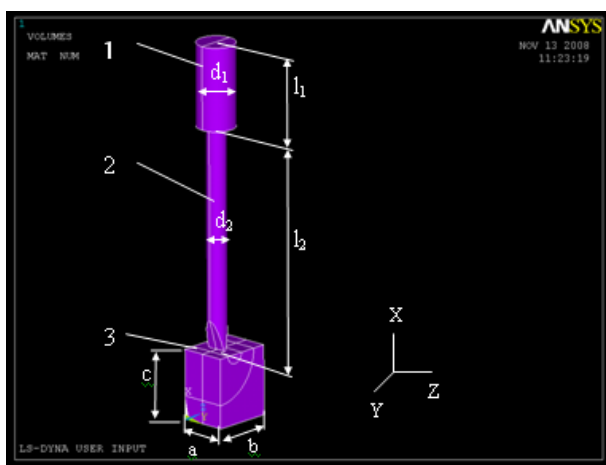
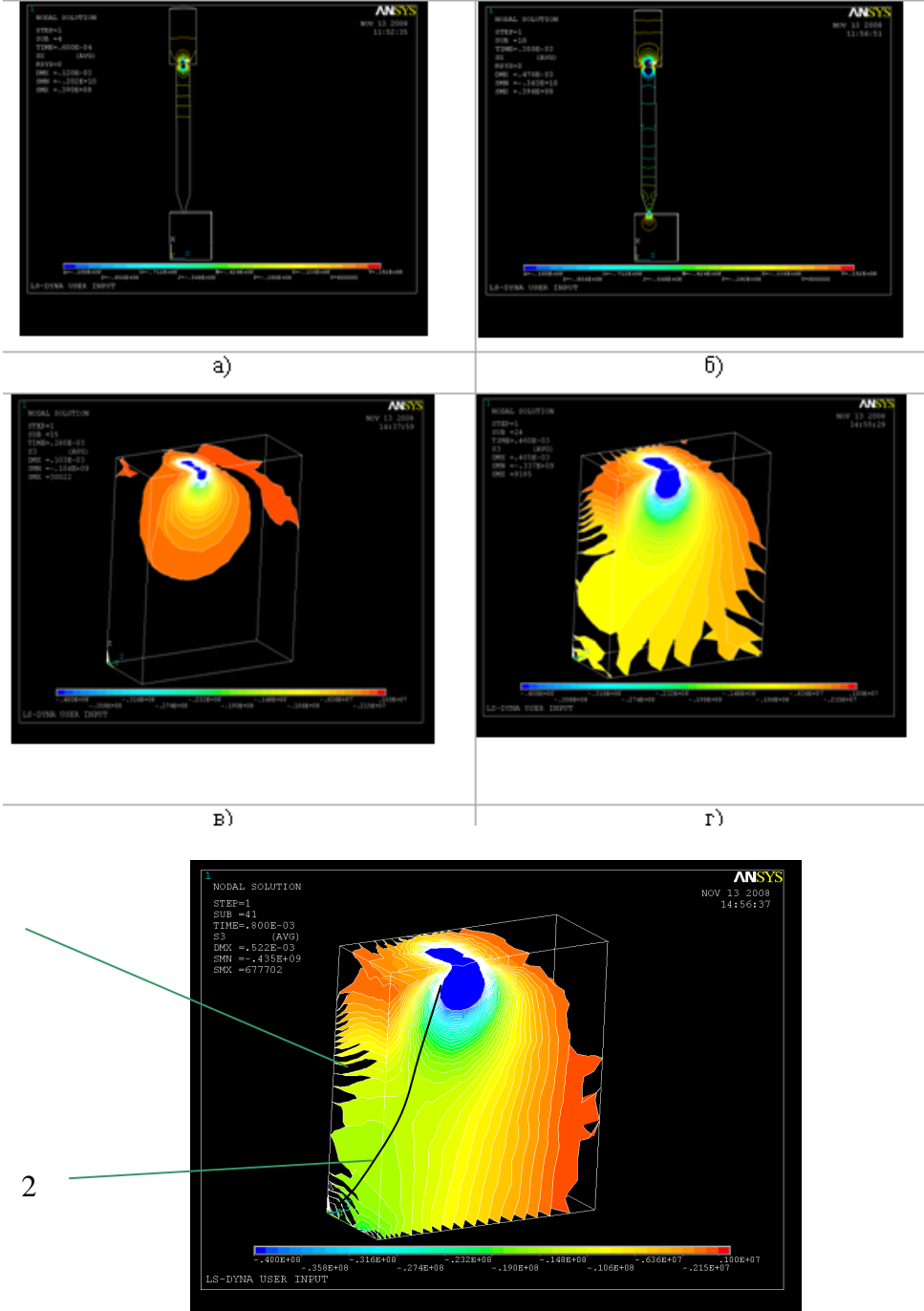


Рисунок 1 – Расчетная схема
1 – боек, 2 – инструмент, 3 – массив

Для решения поставленной задачи был принят метод конечных элементов, что позволило в дальнейшем применить препроцессор ANSYS Pre-Post и решатель LS-DYNA [4]. При создании конечно-элементной сетки составляющих ударной системы были использованы конечные элементы SOLID164. Эти элементы в зависимости от топологии разбиваемого объекта могут принимать разный вид (4-х, 5-ти, 6-ти и 8-ми узловая форма). В результате проведенного решения в программном комплексе ANSYS/LS-Dyna были определены поля напряжений и перемещений для всех точек ударной системы. На рисунке 3 показана динамика развития процесса формирования в инструменте (волноводе) импульса напряжений (плоской волны) при ударе бойка по его хвостовику (а). В последующий момент времени (б) волна напряжений охватывает весь волновод и достигает зоны контакта инструмента с породой. При дальнейшем развитии процесса (в) волна напряжений начинает распространяться в породе от зоны контакта лезвия инструмента с массивом. На следующих рисунках г) и д) зафиксировано распространение объемной волны напряжений в уступе массива, как последствие удара. На рисунке (д) имеет место ин-

терференция волн напряжений и действие растягивающих напряжений в граничной зоне массива. Обеспечений заданных предельных уровней напряжений при определенных исходных условиях – представляет собой значительный интерес для развития теории разрушения и практики создания ударно-скалывающих исполнительных органов технологических машин.



д)

Рисунок 2 – Поля напряжений в массиве при ударном нагружении уступа

На рисунке 3 (г, д) на картине полей напряжений σ_1 (1) отчетливо видна линия максимальных напряжений (2).

Как показали проведенные эксперименты, эта линия достаточно точно повторяет линию скола куска массива (Рис. 4), что позволяет говорить о соответствии экспериментальных данных расчетным.

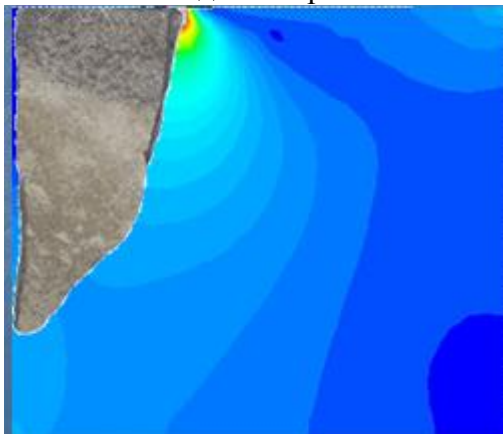


Рисунок 3 – Наложение отколотого куска породы на рассчитанное поле напряжений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов О. Д., Манжосов В. К., Еремьянц В. Э. Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах /. – М.: Наука, 1985. – 360 с.
2. Ушаков Л. С., Котылев Ю. Е., Кравченко В. А. Гидравлические машины ударного действия. – М.: Машиностроение, 2000. – 416 с.
3. Ильницакая Е. И., Тедер Р. И., Ватолин Е. С., Кунтыш М. Ф. Свойства горных пород и методы их определения. – М.: Недра, 1969. – 392 с.
4. Чигарев А. В., Кравчук А. С. ANSYS для инженеров: Справ. Пособие – М.: Машиностроение-1, 2004. – 512 с.

Каманин Ю.Н.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Ведущий инженер
Тел. +7 (4862)41-98-85; kamanchi22@gmail.com

Белоусов Г.А.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Ведущий инженер
Тел. +7 (4862)41-98-85; kamanchi22@gmail.com

УДК 621. 82

Ю.С. КОРНЕЕВ, В.А. ГОРДОН, Е.Н. КОРНЕЕВА, Б.Г. КОБЦЕВ,
Т.Ю. КОРНЕЕВА

ПРОФИЛИРОВАНИЕ УПОРНОГО ДИСКА ПУСКОЗАЩИТНОЙ МУФТЫ

В статье рассматривается влияние профиля регулирующего диска пускозащитной муфты на динамику разгона привода машины.

Ключевые слова: пускозащитная муфта; статическая характеристика двигателя; упорный диск; рабочий орган машины.

In the paper the influence of control disk profile in a starting protective clutch upon dynamics of machine actuating gear acceleration is considered.

Keywords: starting protective clutch, engine static characteristic, thrust disk, machine labour tool.

Пускозащитные муфты [1,2] имеют довольно широкую область применения, особенно в машиностроении, а от профиля упорного диска 5 муфты зависит характеристика разгона рабочего органа технологической машины. В работе [3] уже рассматривался вариант разгона пускозащитной муфты с профилем упорного диска 5, выполненного по окружности. Рассмотрим в приближенном решении ещё один важный случай. Пусть профиль диска 5 в осевом сечении – прямая (рис. 1), для которой

$$\cos \gamma = \sin \beta = \text{const}, \quad \sin \gamma = \cos \beta = \text{const}, \quad \rho = \infty, \quad y = \alpha \operatorname{tg} \gamma,$$

$$ds = \frac{\alpha}{\cos \gamma}; \quad V_{\text{омн}} = \frac{\dot{\alpha}}{\cos \gamma}; \quad \frac{dV_{\text{омн}}}{dt} = \frac{\ddot{\alpha}}{\cos \gamma};$$

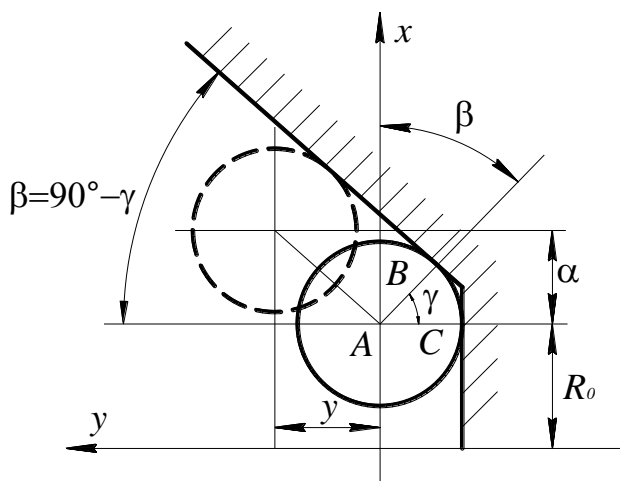


Рисунок 1- Схема для определения перемещения шара, когда профиль упорного диска описан прямой

Тогда уравнения, описывающие движение муфты, принимают вид:

$$I_n \frac{d\omega_1}{dt} = k_1 + k_2\omega_1 - D - f'_A(F_{\min} + c_1\alpha g\gamma)(R_0 + \alpha), \quad (1)$$

$$m_{uu} \frac{\ddot{\alpha}}{\cos\gamma} + (F_{\min} + c_1\alpha g\gamma)(2f \cos\gamma + \sin\gamma) - 0.25m_{uu}(R_0 + \alpha)(\cos\gamma - f \sin\gamma)\omega_1^2 = 0, \quad (2)$$

где α – малый параметр; R_0 – радиус, определяющий нижнее положение шара.

Упрощая уравнения (1) и (2), как и в случае с окружностью, имеем:

$$I_n \frac{d\omega_1}{dt} = k_1 + k_2\omega_1 - D - f'_A F_{\min} R_0 = k_1 + k_2\omega_1 - S, \quad (3)$$

$$m_{uu} \frac{\ddot{\alpha}}{\cos\gamma} + F_{\min}(2f \cos\gamma + \sin\gamma) - 0.25m_{uu}R_0\omega_1^2(\cos\gamma - f \sin\gamma) = 0. \quad (4)$$

Решение первого уравнения известно:

$$\omega_1 = \frac{k_1 - S}{k_2} \left(e^{\frac{k_2}{I_{np}}t} - 1 \right), \quad (5)$$

Уравнение (4) принимает вид:

$$m_{uu} \frac{\ddot{\alpha}}{\cos\gamma} + F_{\min}(2f \cos\gamma + \sin\gamma) - 0.25R_0m_{uu}(\cos\gamma - f \sin\gamma) \times \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left(e^{\frac{2k_2}{I_{np}}t} - 2e^{\frac{k_2}{I_{np}}t} + 1 \right) = 0. \quad (6)$$

Дифференциальное уравнение (6) легко решается, но надо иметь в виду, что $\gamma = const$.

Из уравнения (6) имеем:

$$\ddot{\alpha} = \frac{\cos\gamma}{m_{uu}} \left\{ -F_{\min}(2f \cos\gamma + \sin\gamma) + 0.25m_{uu}R_0(\cos\gamma - f \sin\gamma) \times \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left(e^{\frac{2k_2}{I_n}t} - 2e^{\frac{k_2}{I_n}t} + 1 \right) \right\} = 0,$$

$$\dot{\alpha} = \frac{\cos\gamma}{m_{uu}} \left\{ -F_{\min}(2f \cos\gamma + \sin\gamma)t + 0.25m_{uu}R_0(\cos\gamma - f \sin\gamma) \times \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left(\frac{I_n}{2k_2} e^{\frac{2k_2}{I_{np}}t} - 2\frac{I_n}{k_2} e^{\frac{k_2}{I_{np}}t} + 1 \right) \right\} + c_1;$$

$$\alpha = \frac{\cos \gamma}{m_{uu}} \left\{ -F_{\min} (2f \cos \gamma + \sin \gamma) \frac{t^2}{2} + 0.25 m_{uu} R_0 (\cos \gamma - f \sin \gamma) \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left(\frac{I_{np}^2}{4k_2^2} e^{\frac{2k_2 t}{I_{np}}} - 2 \frac{I_{np}^2}{k_2^2} e^{\frac{k_2 t}{I_{np}}} + \frac{t^2}{2} \right) \right\} + c_1 t + c_2.$$

Начальные условия: $\alpha = 0$, $\dot{\alpha} = 0$, $t = 0$, тогда

$$0 = \frac{\cos \gamma}{m_{uu}} \left\{ 0.25 m_{uu} R_0 (\cos \gamma - f \sin \gamma) \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left(\frac{I_{np}^2}{4k_2^2} - 2 \frac{I_{np}^2}{k_2^2} \right) \right\} + c_2;$$

$$c_2 = -0.25 \cos \gamma R_0 (\cos \gamma - f \sin \gamma) \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left(\frac{I_{np}^2}{4k_2^2} - 2 \frac{I_{np}^2}{k_2^2} \right);$$

$$0 = \frac{\cos \gamma}{m_{uu}} \left\{ 0.25 m_{uu} R_0 (\cos \gamma - f \sin \gamma) \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left(\frac{I_{np}}{2k_2} - 2 \frac{I_{np}}{k_2} \right) \right\} + c_1;$$

$$c_1 = -0.25 \cos \gamma R_0 (\cos \gamma - f \sin \gamma) \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left(\frac{I_{np}}{2k_2} - 2 \frac{I_{np}}{k_2} \right)$$

Отсюда

$$\dot{\alpha} = \frac{\cos \gamma}{m_{uu}} \left\{ -F_{\min} (2f \cos \gamma + \sin \gamma) \frac{t^2}{2} + 0.25 m_{uu} R_0 (\cos \gamma - f \sin \gamma) \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left(\frac{I_{np}}{4k_2^2} e^{\frac{2k_2 t}{I_{np}}} - 2 \frac{I_{np}}{k_2^2} e^{\frac{k_2 t}{I_{np}}} + \frac{t^2}{2} \right) \right\} - \\ - 0.25 \cos \gamma R_0 (\cos \gamma - f \sin \gamma) \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left(\frac{I_{np}}{2k_2} - 2 \frac{I_{np}}{k_2} \right) t - 0.25 \cos \gamma R_0 \times \\ \times (\cos \gamma - f \sin \gamma) \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left(\frac{I_{np}^2}{4k_2^2} - 2 \frac{I_{np}^2}{k_2^2} \right);$$

$$\alpha = \frac{\cos \gamma}{m_{uu}} \left\{ -F_{\min} (2f \cos \gamma + \sin \gamma) \frac{t^2}{2} + 0.25 m_{uu} R_0 (\cos \gamma - f \sin \gamma) \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{k_1 - S}{k_2} \right)^2 \left[\frac{I_{np}^2}{4k_2^2} e^{\frac{2k_2 t}{I_{np}}} - \frac{2I_{np}^2}{k_2^2} e^{\frac{k_2 t}{I_{np}}} + \frac{t^2}{2} + \frac{3I_{np}}{2k_2} t + \frac{7I_{np}^2}{4k_2^2} \right] \right\}. \quad (7)$$

Приведенное решение пригодно для случая, если используется статическая характеристика, которая разбита на i диапазонов (рис. 2), а не на два, как сделано в работе [4]. Для каждого из участков справедливы уравнения (5) и (7), если принять T_{∂} по уравнению (8):

$$T_{\partial} = T_{\partial i} + \mu_{\partial} (\omega_1 - \omega_{i1}), \quad (8)$$

где $\mu_{\partial} = \frac{dT_{\partial}}{d\omega_1}$ – коэффициент пропорциональности статической характеристики двигателя в данной точке.

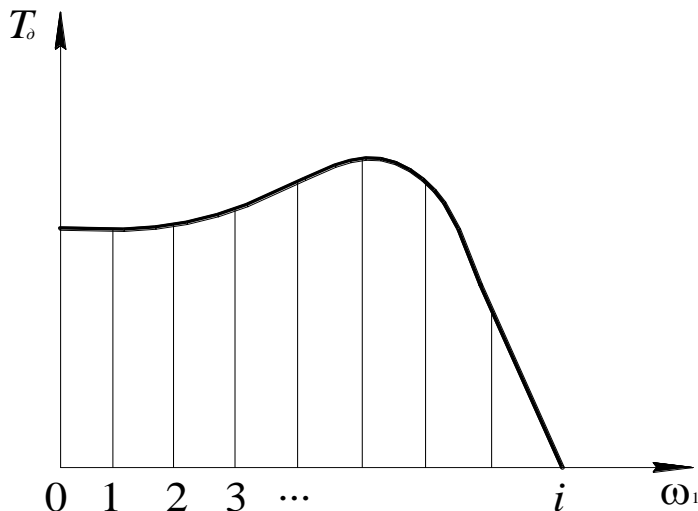


Рисунок 2 – Механическая характеристика асинхронного электродвигателя

Если статическую характеристику электродвигателя аппроксимировать в виде кусочно-линейной характеристики, то

$$\mu_{\partial} = \frac{T_{\partial(i+1)} - T_{\partial i}}{\omega_{1(i+1)} - \omega_{1i}},$$

где $T_{\partial(i+1)}$, $T_{\partial i}$ – момент электродвигателя в конце и начале исследуемого интервала статической характеристики соответственно;

$\omega_{1(i+1)}$, ω_{1i} – угловая скорость ротора электродвигателя в конце и начале исследуемого интервала соответственно.

Поэтому $k_1 = T_{\partial i} - \mu_{\partial}\omega_{1i}$, $k_2 = \mu_{\partial}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авторское свидетельство 418645 (СССР). Центробежная пусковая муфта/Авт.изобрет. Б.Г.Кобцев, В.Н.Коськин.- Заявл. 31.01.72, №1741625/25-27, опубл. 05.03.74.
2. Корнеев, Ю.С. Анализ работы пусковых устройств приводов технологических машин/Ю.С. Корнеев, Е.Н. Корнеева, Т.Ю. Корнеева//Орел: Известия ОрелГТУ. Серия «Естественные науки». – 2005. – № 7-8. – С. 70-74.
3. Корнеева Е.Н., Гордон В.А. Динамика безнагрузочного разгона механической пусковой муфты. // Орел: Известия ОрелГТУ. Серия «Строительство. Транспорт». – 2008. – № 1/17(542). – С. 75-84.
4. Корнеев Ю.С., Корнеева Е.Н., Кобцев Б.Г. и др. Влияние динамической характеристики электродвигателя на динамику разгона привода с механической пусковой

муфтой // Гидродинамическая теория смазки-120 лет: Труды международного симпозиума. В 2-х томах. Т.1. – М.: Машиностроение–1, Орел: ОрелГТУ. – 2006. – С. 597-600.

Корнеев Юрий Степанович

Орловский государственный технический университет, г. Орел.
Кандидат технических наук, доцент

Гордон Владимир Александрович

Орловский государственный технический университет, г. Орел.
Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Высшая математика»

Корнеева Елена Николаевна

Орловский государственный технический университет, г. Орел.
Кандидат технических наук, доцент кафедры «Высшая математика»

Кобцев Борис Георгиевич

Орловский государственный технический университет, г. Орел.
Кандидат технических наук, доцент

Корнеева Татьяна Юрьевна

Орловский государственный технический университет, г. Орел.
Инженер

УДК 621.2

В.А. КРАВЧЕНКО, А.И. АБДУРАШИТОВ

ДЕМПФИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА УДАРНО-СКАЛЫВАЮЩЕГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА

Гидравлические ударно-скалывающие исполнительные органы имеют широкую область применения. Однако, при их работе возникают вибрации базовой машины и шум, которые негативно влияют на конструкцию и оператора. Для определения рациональных параметров амортизаторов необходимо разработать математическую модель, достоверно описывающую процесс.

Ключевые слова: демпфирующее устройство; исполнительный орган; базовая машина; отбойный молот; гидромолот; манипулятор.

Hydraulic percussion chipping operating tools have a wide field of use, but during their work arise vibrations of the main unit and noises which affect badly the structure and an operator. To define rational parameters for shock-absorbers it is necessary to develop a simulator showing a process truly.

Keywords: damping device, operating tool, main unit, chisel hammer, hydraulic hammer, manipulator.

В настоящее время важной проблемой является сохранение окружающей среды. Одно из направлений её решения – сокращение объемом применения взрывчатых веществ при добыче полезных ископаемых, минералов, а также при строительстве туннелей и транспортных магистралей. Анализ опыта применения ударно-скалывающих исполнительных органов показывает, что они успешно заменяют буровзрывные технологии разрушения горных пород, скальных и мерзлых грунтов, а также бетонных конструкций [1].

Ударно-скалывающий исполнительный орган состоит из отбойного гидравлического и пневматического отбойного молота установленного на стреле (манипуляторе), который монтируется на стационарной или мобильной базе. В строительстве в качестве базы преимущественно используются экскаваторы различных групп (рисунок 1, а). Принцип работы отбойного молота основан на создании ударного импульса, который формируется при ударе бойка, перемещающегося с ускорением, по рабочему инструменту, разрушающему или формирующему обрабатываемый предмет. При этом формируется дискретная сила отдачи (импульс), которая вызывает вибрацию и шум, негативно влияющие на конструкцию машины и оператора. Известные исследования [2] свидетельствуют, что возникающие при работе отбойного молота виброускорения находятся на верхнем пределе или незначительно превышают допустимые нормы (СН 2.2.4/2.1.8.566-96). В настоящее время защита конструкции базового машины сводится к установке между отбойным молотом и стрелой виброгасящего амортизатора – комплекта пружин (рисунок 1, б).

В научно-исследовательской лаборатории «Импульсные технологии» ОрелГТУ разработана конструкция сменного ударно-скалывающего исполнительного органа для строительных машин, в котором защита конструкции обеспечивается специальным гидроцилиндром подачи, установленным между отбойным молотом и стрелой. Экспериментальные исследования показали, что указанная конструкция может обеспечить защиту конструкции и рекуперацию энергии отдачи, а также регулирование жесткости. Однако, его параметры не соответствуют рациональным, которые обеспечивают снижение импульса воздействия, без снижения эффективности разрушения породы. Поиск рациональных параметров экспериментальным путем представляется экономически невыгодно.

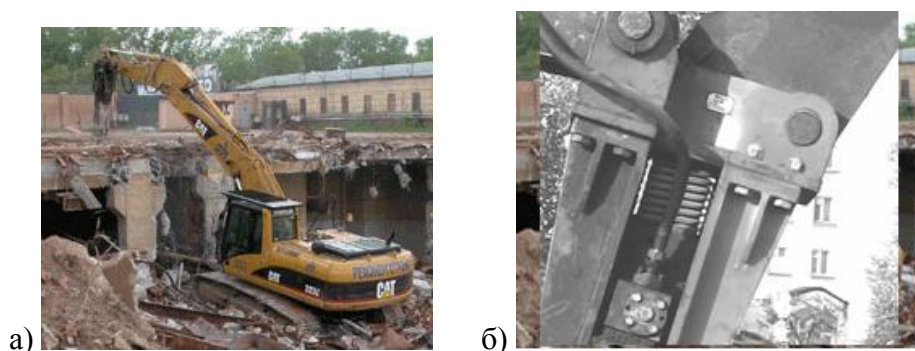


Рисунок 1 – Экскаватор с отбойным гидромолотом (а) с пружинным амортизатором (б)

Для определения рациональных параметров целесообразно разработать математическую модель и провести численные эксперименты, тем более, что в настоящее время недостаточно изучено применение гидравлических демпферов в ударно-скалывающих исполнительных органах для снижения воздействующего импульса и рекуперации энергии.

Проведение аналитических исследований сводится к установлению закона изменения силы отдачи гидромолота, и учет ее влияния на движение корпуса гидромолота, который в свою очередь будет воздействовать на манипулятор, к которому прикреплен отбойный молот.

При ударе бойка по инструменту передается импульсное воздействие на грунт, через инструмент, вследствие чего:

1. Грунт не разрушается. Таким образом, вся энергия удара, предназначенная для разрушения грунта, передается на корпус гидромолота, вызывая его движение в сторону стрелы манипулятора, на которой он закреплен.

2. Грунт разрушается. При этом часть энергии идет на внедрение инструмента в грунт, а часть передается на корпус гидромолота, вызывая его движение в сторону стрелы манипулятора, на которой он закреплен. Величина энергии затрачиваемой на внедрение будет определяться законом изменения скорости внедрения инструмента в грунт.

Рассмотрим только первый случай, так как при этом сила отдачи гидромолота будет максимально возможной.

Приближенно считаем, что сила отдачи действует на корпус только в момент удара, то есть силу отдачи можно представить в виде мгновенного импульса воздействующего на корпус с частотой равной частоте ударов бойка по инструменту (рисунок 1). Исходными данными для определения движения корпуса гидромолота будут являться частота ударов и величина импульса воздействующего на корпус гидромолота. Они могут быть получены из математических моделей работы гидромолота [3].

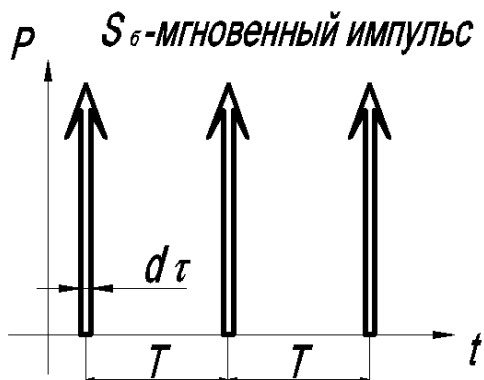


Рисунок 2 – График нагрузки

Движение корпуса гидромолота (рисунок 2) рассмотрим без учета движения бойка находящегося внутри корпуса. Если учитывать движение бойка, то возникает необходимость разработки математической модели учитывающей различные конструкции гидромолотов. Приведенная масса базовой машины $M_{пр}$ в десятки больше массы корпуса гидроударника. При этом перемещения приведенной массы будут малы, и ими пренебрегаем.

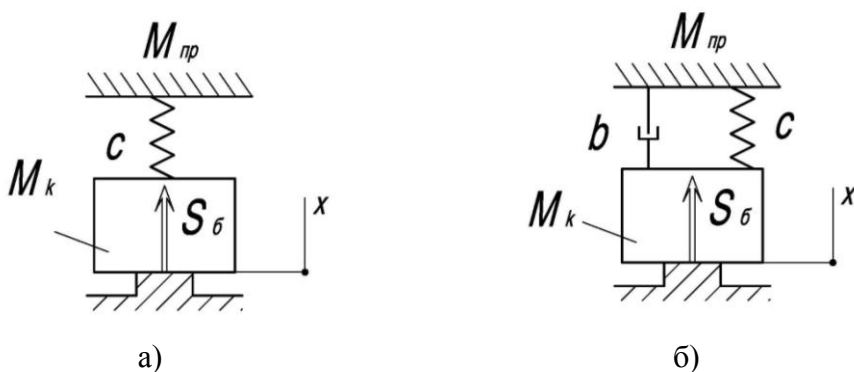


Рисунок 3 – Динамические модели ударно-скалывающего исполнительного органа при установке между гидромолотом и манипулятором пружины (а) и гидравлического демпфера (б)

Математическая модель движения корпуса гидромолота с пружинным амортизатором выглядит следующим образом:

$$y_{n+1}(t) = \begin{cases} \frac{S_b}{M_k k} \sin(kt) - \frac{|y_n'(Tn+T)|}{k} \sin(kt) & Tn < t \leq Tn + \frac{T}{2}, \\ \frac{|y_n'(Tn + \frac{T}{2})|}{k} \sin(kt) & Tn + \frac{T}{2} < t \leq Tn + T \end{cases},$$

где S_b – импульс отскока бойка от инструмента, передаваемый на корпус;

M_k – масса корпуса гидромолота;

k – собственная частота колебаний;

t – время;

T – период возникновения импульса отскока бойка, т.е период ударов бойка по инструменту;

n – целое число определяющее количество ударов бойка по инструменту $n=0, 1, 2, \dots$

Математическая модель движения корпуса гидромолота с пружинным и гидравлическим амортизаторами:

$$y_{n+1}(t) = \begin{cases} \frac{S_b}{2hM_k} e^{-ht} \sin(\omega_1 t) - \frac{|y_n'(Tn+T)|}{2h} e^{-ht} \sin(\omega_1 t) & Tn < t \leq Tn + \frac{T}{2}, \\ \frac{|y_n'(Tn + \frac{T}{2})|}{2h} e^{-ht} \sin(\omega_1 t) & Tn + \frac{T}{2} < t \leq Tn + T \end{cases},$$

где h – коэффициент затухания колебаний;

ω_1 – угловая частота.

Зная значение и закон изменения силы отдачи во времени, используя предложенные математические модели, проводится анализ движения корпуса гидромолота, вычисляется амплитуда колебаний и виброускорения при различных параметрах амортизаторов. Расчеты позволяют выбрать рациональные амортизаторы в зависимости от параметров отбойного молота и базовой машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. С. В. Гераськин. Воздействие навесного экскаваторного ударного устройства на манипулятор// Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. №3. 23 с.
3. Вибрационные машины в строительстве и производстве строительных материалов. Справочник подред. д-ра техн. Наук В.А. Баумана – М.: Машиностроение, 1970. – 548с
3. В. А. Кравченко. Математическая модель гидроударника с управляемой камерой рабочего хода// Механизмы и машины ударного, периодического и вибрационного действия./ В. А. Кравченко, А. И. Пономарев –Орел: ОрелГТУ 2003; 49 с

Кравченко Валерий Анатольевич

Орловский государственный технический университет, г. Орел,

Кандидат технических наук, доцент

Тел. +7 (4862) 41-98-85; E-mail: dpm @ ostu. ru

Абдурашитов А.И.

Орловский государственный технический университет, г. Орел,

Инженер.

Тел. +7 (4862) 41-98-85; E-mail: dpm @ ostu. ru

УДК 622.23

Р.А. РЕДЕЛИН, А.В. ЩЕКОЧИХИН, Н.Д. ФАБРИЧНЫЙ

КОМПЛЕКС ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ГИДРОУДАРНИКОВ

В статье приведено описание комплекса для испытаний и исследований гидроударников, принцип его работы, используемая измерительная аппаратура.

Ключевые слова: гидроударник; гидромолот; нагрузочное устройство; тарировочный стенд.

In the paper the simulator of a hydraulic hammer with a controlled chamber of a travel taking into account a joint work of an impact device, distributor, hydropneumoaccumulator and a driving gear.

Keywords: hydro-hammer, travel chamber, hydropneumoaccumulator, impact device.

Импульсные технологии с использованием гидромолотов для разрушения и обработки крепких горных пород и конструкционных материалов широко применяются в горной, строительной, металлургической и других отраслях промышленности.

Номенклатура гидромолотов, поставляемых на отечественный рынок, включает сотни различных образцов и моделей, преимущественно зарубежного производства. Однако не все гидравлические устройства ударного действия являются достаточно отработанными изделиями и имеют оптимальные гидравлические схемы, хотя они и положительно зарекомендовали себя при эксплуатации. В некоторых случаях основные рабочие параметры (энергия и частота ударов) не соответствуют реальной ударной мощности гидромолота. Это может быть следствием различных факторов, но при анализе, наиболее существенными из них выделяются: недостаточное исследование рабочего цикла импульсных устройств и, как следствие, не точность математического описания. Так для гидроударников, выполненных по наиболее распространенной схеме с управляемой камерой рабочего хода [1] значения параметров, полученных в результате экспериментального исследования, выше определяемых при моделировании на ЭВМ [2].

В связи с этим задача по организации сертификационного центра для аттестации зарубежной и отечественной импульсной техники является актуальной. Право каждого потребителя импульсной техники (гидромолотов) обратиться в такой сертификационный центр для получения экспертной оценки изделия или установления его фактических параметров. Это позволит потребителю принять взвешенные решения о целесообразности дальнейшего дублирования на своем предприятии той или иной модели используемой техники.

В Орловском государственном техническом университете в проблемной научно-исследовательской лаборатории «Импульсные технологии» создан экспериментальный комплекс для проведения испытаний гидроударников, а также исследования их рабочих характеристик.

Комплекс для испытания гидроударников состоит из рамного нагрузочного устройства, регулируемого силового гидропривода и комплекта измерительно-регистрирующей аппаратуры импульсной тензометрии (Рисунок 1). Технические решения испытательного комплекса имеют НОУ-ХАУ и защищены патентами РФ.

Нагрузочное устройство (Рисунок 2) состоит из рамы 1 с демпфером 2, подвижной платформы 3, на которой жестко закреплен гидромолот 5, перемещаемой по раме гидроцилиндром подачи 6, и насосной станции 7.

Работа стенда осуществляется в следующей последовательности: после включения насоса распределитель устанавливают в положение, при котором рабочая жидкость подается одновременно в поршневую полость гидроцилиндра подачи 6 и гидравлическое ударное устройство 5. При поджатии ударника 5 к демпферу 2 начинается его работа. Гидроударник работает в автоматическом режиме до тех пор, пока инструмент не теряет контакт с демпфером.

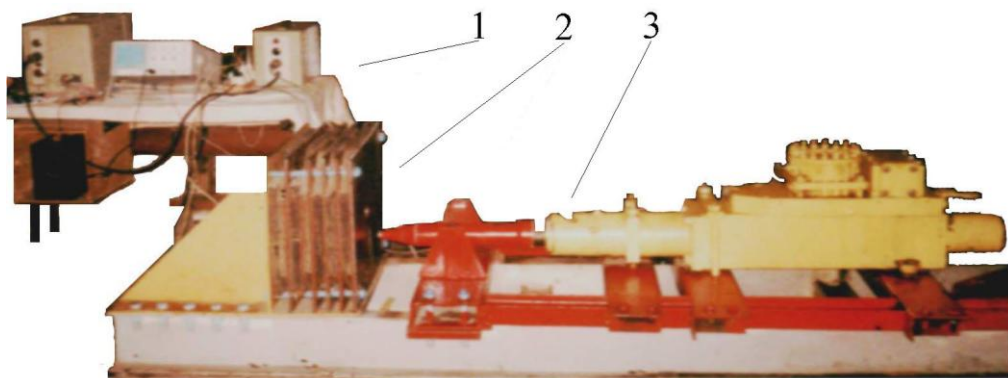


Рисунок 1 - Общий вид комплекса

1 – измерительно-регистрирующая аппаратура,
2 – нагрузочное устройство, 3 – гидроударник

Режимы работы гидравлического ударного устройства регулируются при изменении номинального давления и расхода в гидросистеме. Ограничение давления в гидросистеме осуществляется предохранительным клапаном, а регулирование расхода - с помощью насоса 1РНАС63/35, оснащенного следящим механизмом изменения подачи.

Для измерения силовых и режимных параметров гидромолота стенд оснащен современными контрольно-измерительными приборами: датчиками для измерения давления в рабочих полостях и магистралях типа ДДТ – при динамических измерениях, типа КРТ – при статических; индукционным датчиком скорости; усилителем сигналов датчиков типа ДДТ - ДИПУ-2004 ООО НПФ «Удар-Маш»; осциллографами цифровыми GOS- 6103С, GDS-830 и светолучевым Н0443; платами сбора данных ЛА2-М3 ЗАО «Руднев-Шиляев» и NI6008 «National Instruments».

Тарировка датчиков осуществляется на специальных стендах, представленных на рисунке 3.

Комплект измерительно-регистрирующей аппаратуры выбран в соответствии с требованиями решаемых задач. Особое внимание уделено выбору динамических характеристик датчиков. В данном случае для измерения давления применяются датчики типа ДДТ, представляющие собой цилиндр из пружинной стали с наклеенными на него тензорезисторами. Измерение скорости перемещения бойка до соударения и в процессе удара производится индукционным датчиком скорости с постоянным магнитом, который связан посредством штока с бойком гидроударника.

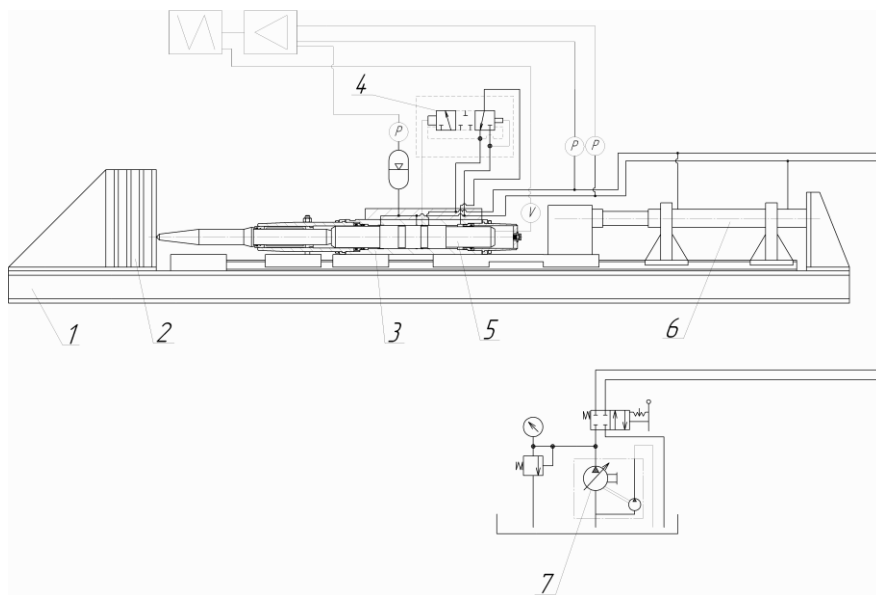
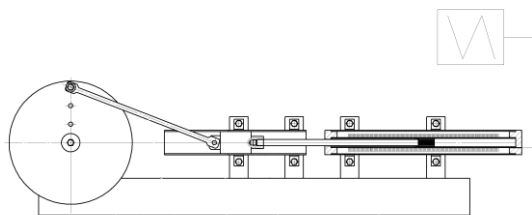


Рисунок 2 - Структурная схема комплекса

1 – рама, 2 – демпфер, 3 – платформа, 4 – распределительное устройство, 5 – гидромолот, 6 – гидроцилиндр, 7 – насосная станция

а)



б)

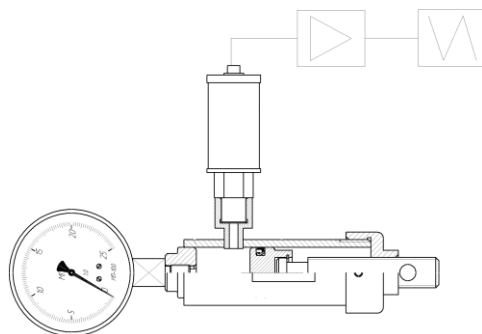


Рисунок 3 – Тарировочные стенды:

а) для тарировки датчиков скорости, б) для тарировки датчиков давления

Обработка данных проводится с помощью программного обеспечения, поставляемого с платами сбора данных, и системы LabVIEW фирмы «National Instruments».

Представленный комплекс позволяет:

- проверить работоспособность гидравлического ударного устройства;
- определить основные параметры гидроударника;
- провести экспериментальные исследования параметров рабочего цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриевич Ю.В. Гидромолот. Общая информация. Принципы работы. http://gidromolot.tradicia-k.ru/articles/?art_id=51
2. М. Ураимов, Б.С. Султаналиев. Гидравлические молоты. Основы создания, обобщение опыта производства и эксплуатации гидравлических молотов «Импульс» - Б.: Илим, 2003. – 240 с.
3. Ушаков Л.С., Котылев Ю.Е., Кравченко В.А. Гидравлические машины ударного действия. – М.: Машиностроение, 2000. – 416 с., ил.

Ределин Р.А.

Орловский государственный технический университет, г.Орел,
Аспирант
Тел: +7 (4862)41-98-85; e-mail: rusland57@yandex.ru,

Щекочихин А.В.

Орловский государственный технический университет, г.Орел,
Аспирант
Тел: +7 (4862)41-98-85; e-mail: rusland57@yandex.ru,

Фабричный Н.Д.

Орловский государственный технический университет, г.Орел,
Студент
shekochihin.alek@mail.ru

УДК. 621.83.062

В.А. УМНЯШКИН, Т.П. ЧЕПИКОВА, С.Н. КРАСИЛЬНИКОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАМКНУТОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ГИДРОСТАТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ С ВНУТРЕННИМ РАЗДЕЛЕНИЕМ ПОТОКА МОЩНОСТИ

В работе рассмотрен вариант обеспечения бесступенчатой согласованной работы двигателя и исполнительного механизма при сравнительно высоком КПД в широком диапазоне регулирования.

Ключевые слова: коробка передач; дифференциальные передачи; уравнение равновесия моментов.

In the paper the description of a system for tests and researches of hydro-hammers, its principle of operation and gaging equipment are shown.

Keywords: hydraulic hammer, loading device, calibrator.

С ростом технического прогресса совершенствование сложных технологических процессов во многих отраслях промышленности требует в приводах рабочих машин весьма широкого диапазона регулирования передаваемых скоростей и вращающих моментов. Широкий диапазон регулирования могут обеспечить замкнутые дифференциальные передачи [1, 2 и др.].

Среди большого разнообразия замкнутых дифференциальных передач наиболее интересными и наименее изученными являются замкнутые дифференциальные передачи с внутренним разделением потока мощности. Особенностью данного типа передач является разделение потока мощности без уменьшения общего диапазона регулирования передачи. К преимуществам дифференциальных передач с внутренним разделением потока мощности следует отнести увеличение на единицу передаточного отношения и повышение КПД передачи [3]. В передачах такого типа разделителем потока мощности является сам бесступенчато-регулируемый механизм.

В связи с этим исследование замкнутой дифференциальной бесступенчато-регулируемой передачи с внутренним разделением потока мощности является весьма важной задачей, решение которой позволит повысить КПД трансмиссии и машины в целом.

На рис. 1 и рис. 2 представлена замкнутая дифференциальная гидростатическая передача с внутренним разделением потока мощности [3, 4], построенная по принципу планетарных шестеренчатых насосов и гидромоторов, спроектированная и изготовленная авторами в составе коллектива под руководством В.А. Умняшкина в ОАО «ИжМАШ» для мотоцикла «Иж-Юпитер».

Конструкция передачи представляет собой следующее. В водиле - корпусе h расположены сателлиты насоса g и f гидромотора. Энергия, по-

ступающая от двигателя, приводит во вращение солнечную шестерню *a* планетарного шестеренчатого насоса *H*, закрепленную на ведущем валу, солнечная шестерня *b* гидромотора *M* (также планетарного шестеренчатого) не вращается, но может совершать перемещения в осевом направлении под действием винтового механизма *1*. Это перемещение вызывает изменение рабочего объема гидромотора. Между насосом и гидромотором выполнены необходимые соединительные каналы, в конструкции передачи также имеется клапан *2* для получения нейтрального положения в коробке передач.

Согласно схемам рис. 1 передача является довольно простой по конструкции и в изготовлении ее деталей, т. е. не сложнее распространенных зубчатых коробок передач. Поскольку в гидравлических планетарных узлах имеется механическая связь между насосом и гидромотором, то часть вращающего момента от ведущего к ведомому валу передается механическим путем, что способствует увеличению КПД всей передачи.

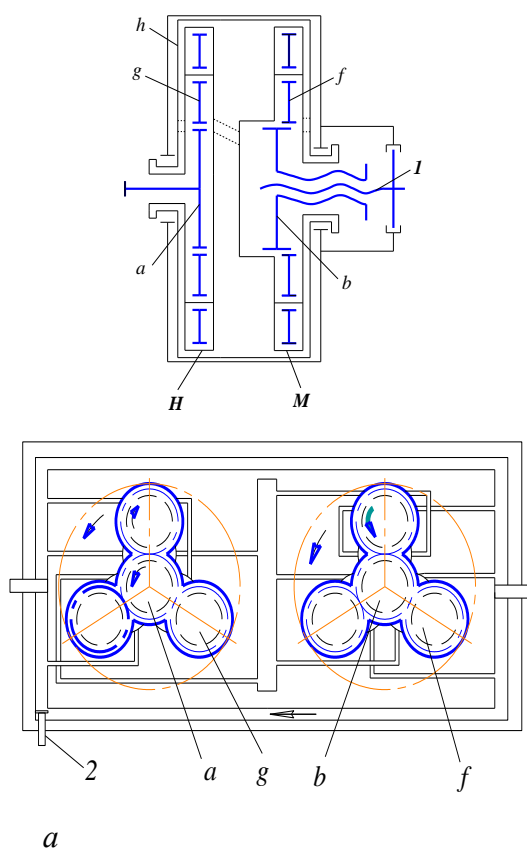


Рисунок 1 - Схемы бесступенчатой дифференциальной гидропланетарной коробки передач

(*a* – кинематическая, *б* – гидравлическая):

H - насос; *M* – гидромотор; *h* - водило – корпус; *g* - сателлиты насоса; *f* - сателлиты гидромотора; *a* - солнечная шестерня насоса; *b* - солнечная шестерня гидромотора; *1*- винтовой механизм; *2* – клапан

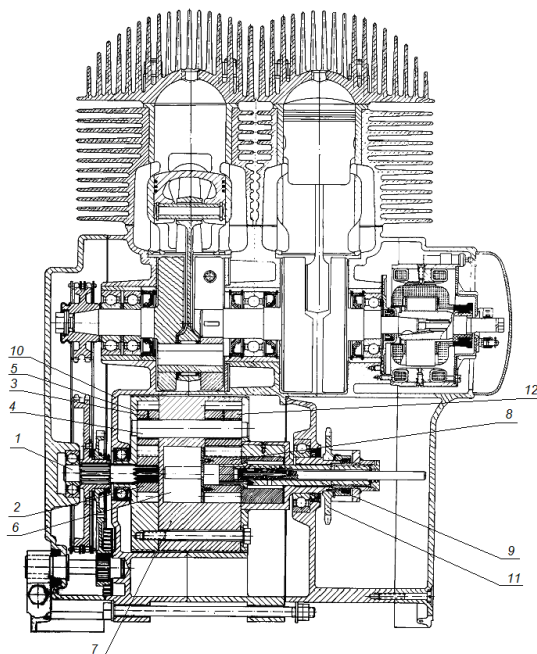


Рисунок 2 - Продольный разрез двигателя мотоцикла с дифференциальной шестеренчатой гидравлической коробкой передач:
 1 – входной (ведущий) вал; 2 – центральная шестерня насоса;
 3 – сателлиты насоса; 4 – оси сателлитов; 5 – левая часть водила-корпуса;
 6 - полость гидромотора; 7 – водило-корпус (ведомый вал);
 8 - центральная шестерня гидромотора; 9 – шлицевой вал; 10 – картер;
 11 – ведущая звездочка цепной передачи; 12 – сателлиты гидромотора

Кроме того, разработанную передачу удалось вписать в существующие габариты аналога мотоциклетной коробки передач (рис. 2).

На основе зависимостей, предложенных А.В. Петровым, получим основные характеристики данной передачи без учета потерь энергии.

Мощность, подводимая к насосу и передаваемая через гидростатическую передачу

$$N_{\text{дф}} = M_H(n_H - n_M) = N_H \left(1 - \frac{1}{i_{\text{дф}}}\right),$$

где M_H , N_H , n_H – вращающий момент, мощность и частота вращения ведущего вала передачи соответственно; n_M – частота вращения ведомого вала передачи; $i_{\text{дф}} = \frac{n_H}{n_M}$ – передаточное отношение дифференциальной передачи.

КПД дифференциальной передачи

$$\eta_{\text{дф}} = \eta_{\Gamma} + \frac{1 - \eta_{\Gamma}}{i_{\text{дф}}},$$

η_{Γ} - полный механический и объемный КПД используемой гидростатической полнопоточной передачи.

Передачное отношение дифференциальной передачи

$$i_{\text{дф}} = 1 + i_{\Gamma},$$

где i_{Γ} - передачное отношение гидростатической полнопоточной передачи.

При $i_{\Gamma} \neq 0$ в насосе передачи осуществляется разделение мощности на два потока. С учетом всех энергетических потерь получим зависимости для определения мощности на выходном валу передачи, КПД и коэффициента трансформации передачи

$$N_{\text{дфМ}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{ОУ}} \cdot \frac{1}{i_{\text{дф}}} \left[1 - \left(\frac{1}{\eta_{\text{ОБ.П}}} - 1 \right) \cdot (1 - \eta_{\text{МЕХ.Н}}) \right] \cdot (1 + \eta_{\text{ПОЛН}} \cdot i_{\Gamma}),$$

$$\eta_{\text{дф}} = \frac{N_{\text{М}}}{N_{\text{дв}}} = \eta_{\text{ОУ}} \cdot \frac{1}{i_{\text{дф}}} \left[1 - \left(\frac{1}{\eta_{\text{ОБ.П}}} - 1 \right) \cdot (1 - \eta_{\text{МЕХ.Н}}) \right] \cdot (1 + \eta_{\text{ПОЛН}} \cdot i_{\Gamma}),$$

$$K_{\text{дф}} = \eta_{\text{ОУ}} \left[1 - \left(\frac{1}{\eta_{\text{ОБ.П}}} - 1 \right) \cdot (1 - \eta_{\text{МЕХ.Н}}) \right] \cdot (1 + \eta_{\text{ПОЛН}} \cdot i_{\Gamma}),$$

где $\eta_{\text{ПОЛН}}$ - полный механический и гидравлический КПД применяемой гидростатической полнопоточной передачи; $\eta_{\text{ОУ}} = \eta_{\text{Н}} \cdot \eta_{\text{М}}$ КПД опор и уплотнений входного и выходного валов; $\eta_{\text{ОБ.П}}$ - объемный КПД полнопоточной передачи; $\eta_{\text{дфМЕХ.Н}}$ - механический КПД насоса.

Стендовые испытания гидростатической коробки передач проводились в испытательных службах главного конструктора ОАО «ИжМАШ».

Экспериментальные исследования проводились с целью исследования соответствия коробки передач коэффициенту полезного действия и диапазону бесступенчатого регулирования передачного отношения.

Для испытаний был разработан и изготовлен стенд разомкнутого типа с балансирной установкой коробки передач и тормоза (рис. 3, 4).

Условие равновесия для моментов, действующих на коробку передач, выразится уравнением

$$M_1 - M_{\text{П}} + M_{\text{Р}} - M_2 = 0,$$

где M_1 – подводимый вращающий момент от двигателя внутреннего сгорания к коробке передач; M_2 – отводимый вращающий момент от коробки передач; $M_{\text{Р}}$ – реактивный момент на картере коробки, вызванный наличием в ней передачного отношения (при понижающей передаче реактивный момент совпадает по направлению с подводимым моментом M_1); $M_{\text{П}}$ – момент, который приложен к картеру коробки передач для

уравновешивания момента внутреннего трения, взбалтывания масла и т.д., направление момента M_{II} противоположно по отношению к подводимому моменту M_I .

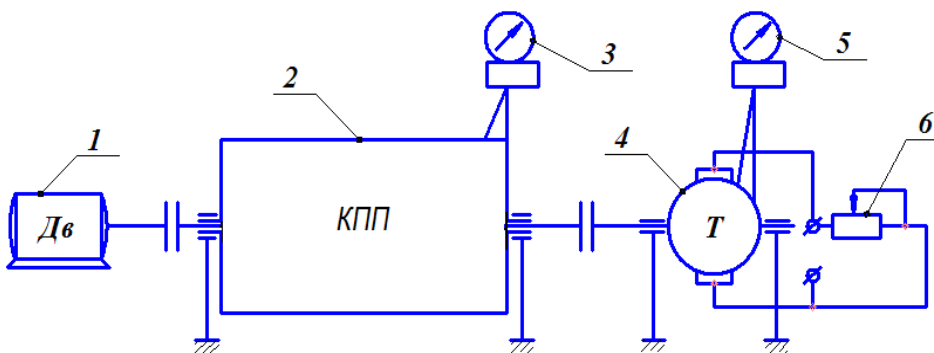


Рисунок 3 - Структурная схема стенда:

1 – ДВС мотоцикла «Иж-Ю»; 2 - опытная коробка передач; 3 и 5 – весовое устройство; 4, 5, 6 – нагрузочное устройство

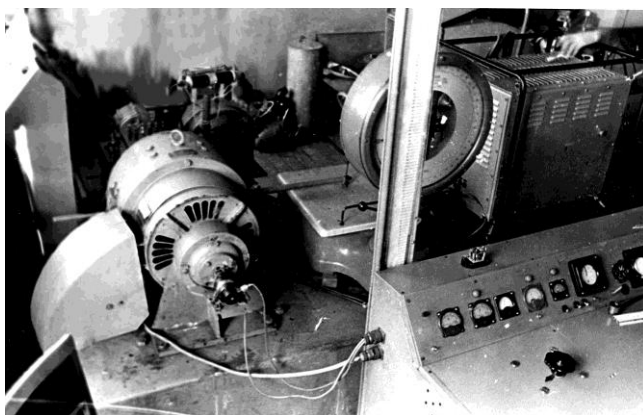


Рисунок 4 - Общий вид стенда

Тогда КПД коробки передач составляет

$$\eta_K = \frac{N_2}{N_1} = \frac{M_2 \times n_2}{M_1 \times n_1} = \frac{M_2}{(M_{II} - M_P + M_2) \times i_K},$$

где i_K – передаточное отношение коробки передач.

Таким образом, в процессе испытаний замерялись следующие величины: 1) частота вращения ведущего вала двигателя n_1 за время опыта (по стробоскопическому тахометру) – об/мин; 2) частота вращения выходного вала n_2 за время опыта (по стробоскопическому тахометру) - об/мин; 3) вращающий отводимый момент M_2 – кг × м; 4) реактивный момент M_P корпуса коробки – кг × м; 5) момент M_{II} , приложенный к картеру коробки передач – кг × м; 6) температура рабочей жидкости в картере коробки передач – t , °С.

Приборы для измерений: весовое устройство балансирной машины с пределом измерения 100 кгс (цена деления – 0,1 кгс; тарировка шкалы устройства осуществляется посредством рычага с набором грузов); стробоскопический тахометр; термопара и прибор марки М890 с точностью измерений 0,75%.

Методика проведения эксперимента по определению КПД коробки передач заключается в следующем. Все опыты подразделяются на серии, которые проводятся при нагрузках, изменяющихся от 0 до номинального значения. Приработка на каждой ступени нагружения осуществлялась до стабилизации температуры масла в картере.

Необходимое число испытаний определяем исходя из принятого доверительного интервала и доверительной вероятности $\alpha = 95\%$. Коэффициент Стьюдента для принятых ограничений составляет $\pm 2,3$ и требует проведения не менее 7 опытов на каждом режиме нагружения.

Таким образом, каждая серия испытаний включает в себя семь опытов. Двигатель внутреннего сгорания от мотоцикла «Иж-Юпитер» вращает входной вал испытываемой коробки передач. Выходной вал передачи связан с тормозным устройством 4 – машиной постоянного тока.

Опытная дифференциальная гидростатическая коробка передач с планетарными шестеренчатыми гидроагрегатами (рис. 5) перед началом испытаний была подвергнута обкатке на протяжении 10 часов. Испытания коробки передач проходили на гидравлическом масле МГ-22-Б (ГОСТ 38.1011258-89) и индустриальном масле И-ЛГ-А-15 (ГОСТ 17479.4-87). Какого-либо влияния сорта масла на результаты испытаний при проведении экспериментов не выявлено. Температура масла в картере испытываемой коробки измерялась с помощью термопары, ввернутой вместо сливной пробки, и прибором марки М890 с точностью измерений 0,75%. Температура масла во время проведения испытаний поддерживалась примерно постоянной (41 ± 3 °С) благодаря наличию обдува на стенде и большому объему масла в коробке передач (около 5л).

Вращающие моменты на валу коробки передач и тормозной машины 4 определялись по реактивным моментам по шкалам весовых устройств, связанных с корпусами коробки и тормозным устройством.

По замеренным величинам рассчитываются:

1) разность моментов $\Delta M = M_p - M_{II}$;

2) действительное передаточное отношение дифференциальной передачи определяется по зависимости

$$i_{\text{дф}} = \frac{1 + i_r}{\eta_{\text{об.п}}};$$

3) КПД коробки передач $\eta_k = \frac{M_2}{(M_2 - \Delta M) \times i_k}$.



Рисунок 5 - Общий вид гидростатической коробки передач

На основании результатов стендовых испытаний дифференциальной гидростатической коробки передач с планетарными шестеренчатыми гидроагрегатами определен КПД, имеющий весьма низкие значения $0,48 \div 0,74$, что можно объяснить некачественным изготовлением передачи и недостаточной дугой обхвата водилом-корпусом центральных шестерен насоса и гидромотора. Для устранения указанных причин был изготовлен второй образец аналогичной коробки, имеющей по одному сателлиту у насоса и гидромотора, рис. 6.

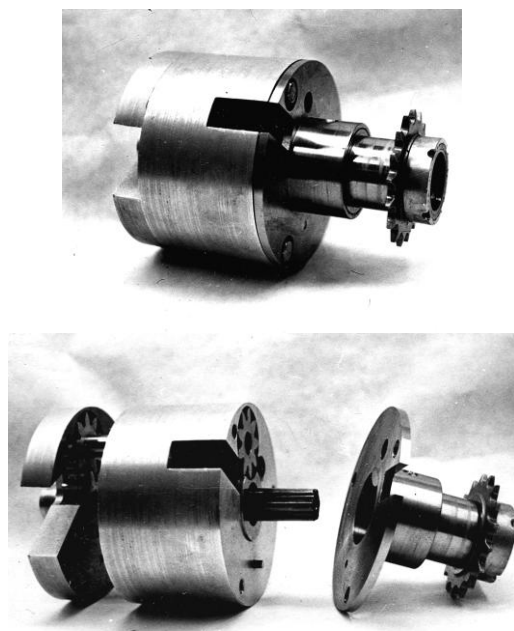


Рисунок 6 – Модернизированный образец гидростатической коробки передач

При стендовых испытаниях модернизированной коробки были определены характеристики передаточного отношения $i_{d\phi min}$ (рис. 7) при нагрузке выходного вала $M_2=0$ и $M_2 = 17,66$ Нм (на рис. 7 обозначены штриховыми линиями). Характеристики снимались при полностью выведен-

ной из зацепления с сателлитом центральной шестерни гидромотора и при закрытом канале, который соединяет гидромотор и насос.

Полученные экспериментальные данные были подвергнуты обработке методами теории вероятностей.

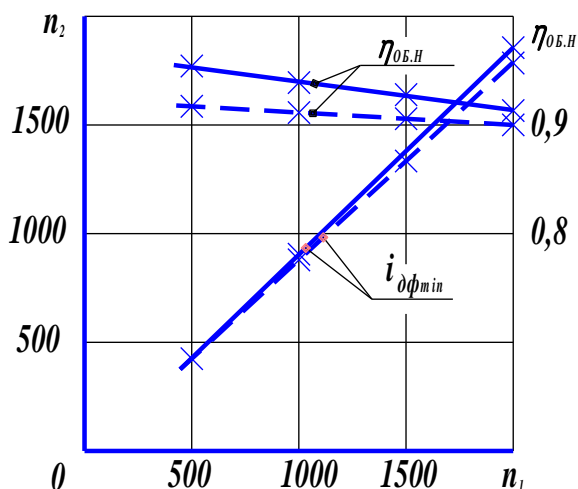


Рисунок 7 - Механическая характеристика передачи и объемный КПД насоса

По полученным экспериментальным данным для всего диапазона регулирования построен график зависимости изменения объемного КПД передачи $\eta_{об.п.}$ от передаточного отношения: $\eta_{об.п.} = f(i)$ (рис. 8), где наглядно прослеживается резкое увеличение передаточного отношения $i_{дф}$ (до 3,77) при открывании канала, соединяющего насос и гидромотор.

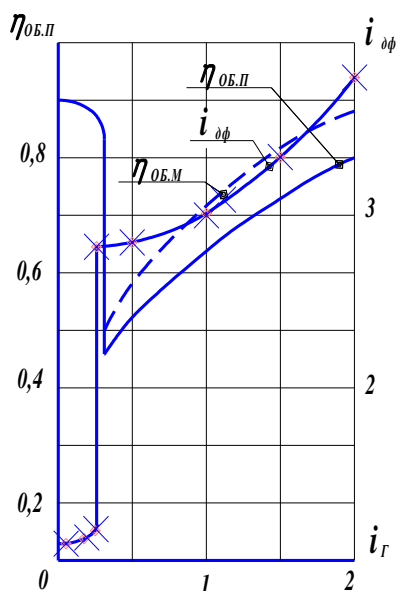


Рисунок 8 - График зависимости изменения КПД от передаточного отношения

По результатам испытаний получен общий КПД передачи (рис. 9 и 10), значения которого находятся в пределах $0,70 \div 0,84$, который можно повысить увеличением КПД гидромотора.

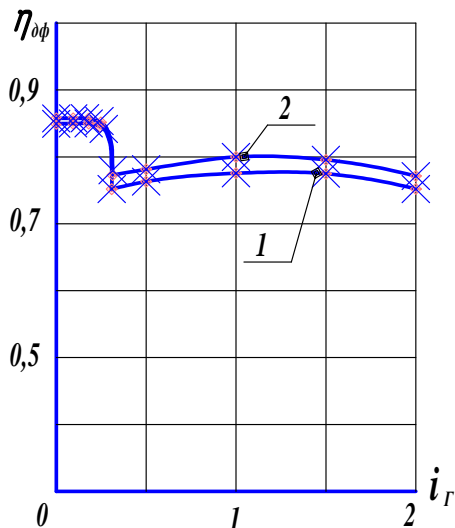


Рисунок 9 - График зависимости $\eta_{общ} = f(i_G)$: 1- при $M_2 = 17,66 \text{ Нм}$; 2 - при $M_2 = 8,83 \text{ Нм}$

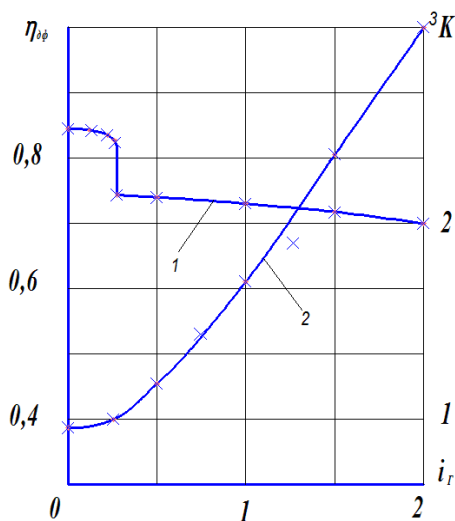


Рисунок 9 – Зависимость КПД (1) и коэффициента трансформации передачи (2) от передаточного отношения

Стендовые испытания опытной дифференциальной гидростатической передачи подтвердили теоретические положения и показали ее преимущества в сравнении с однопоточной (полнопоточной) гидростатической передачей, а именно: более высокое значение КПД, увеличенные значения общего передаточного отношения и коэффициента трансформации. Но для использования такой передачи на транспортных машинах не-

обходимо уменьшить скольжение гидромотора при малых значениях i_T , которое снижает объемный КПД гидромотора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шабанов К.Д. Замкнутые дифференциальные передачи. - М.: Машиностроение, 1972.– 160 с.
2. Кирдяшев Ю.Н. Многопоточные передачи дифференциального типа. – Л.: Машиностроение, 1981. – 223 с.
3. Умняшкин В.А., Буторин В.А., Чепикова Т.П. Замкнутые дифференциальные бесступенчато - регулируемые передачи// Значение научной работы в процессе подготовки конкурентоспособных специалистов для предприятий Удмуртской республики: Сборник трудов научно-методической конференции Воткинского филиала ИжГТУ. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2006. - С.109-112.
4. Умняшкин В.А., Чепикова Т.П. Экспериментальное исследование дифференциальной гидростатической передачи с внутренним разделением потока мощности// Проблемы и перспективы автомобилестроения в России: Материалы Всероссийской научно-технической конференции. – Ижевск: Издательство ИжГТУ. – 2007. – с. 192-196.

Умняшкин В.М.

Ижевский государственный технический университет, г. Ижевск.

Доктор технических наук, профессор

Тел. +7(34241) 2-97-87; E-mail: kaf_at@chti.ru

Чепикова Т.П.

Чайковский технологический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета, Пермский край, г. Чайковский.

Кандидат технических наук, доцент

Тел. +7(34241) 2-97-87; E-mail: kaf_at@chti.ru

Красильников С.Н.

Чайковский технологический институт (филиал) Ижевского государственного технического университета, Пермский край, г. Чайковский.

Кандидат технических наук, доцент

Тел. +7(34241) 2-97-87; E-mail: kaf_at@chti.ru

ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

УДК 004.9:504.06:656

О.А. ИВАЩУК; Е.В. БОНДАРЕНКО

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОТОКОВ АВТОТРАНСПОРТА

В статье рассматривается новый подход к управлению экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса, основанный на адаптации к текущим изменениям в объекте управления и внешней среде. Показана реализация данного подхода при организации автоматизированного управления экологической безопасностью конкретного объекта – потоками автотранспорта.

Ключевые слова: автоматизированное управление; промышленно-транспортный комплекс; акустическая среда; адаптивное управление; электронная карта; имитационный эксперимент.

In the paper a new approach to ecological safety control of industrial and transport system based on the adaptation to current changes in the object of control and environment is considered. There is shown a realization of this approach at the organization of an automated control of ecological safety of a certain object – by a traffic stream.

Keywords: automated control, industrial and transport system, acoustic medium, adaptive control, electronic scheme, simulation experiment.

Появление в конце XIX века первого автомобиля привело к коренным изменениям образа жизни населения Земли и преобразованию экономики всех стран. Доступность личных автотранспортных средств сделала мир более открытым, породила сложные промышленные инфраструктуры. В 2008 г.в России было зарегистрировано более 38 млн. ед. автомобилей [1], и это на 300 % больше, чем 15 лет назад. К сожалению, с эксплуатацией автотранспорта неразрывно связано увеличение всех видов негативного влияния на окружающую среду (рисунок 1).



Рисунок 1 - Виды негативного воздействия автотранспорта на окружающую среду

Величина ежегодного экологического ущерба от деятельности объектов автотранспорта РФ оценивается в 4 – 5 млрд. долл. США и, по оценкам экспертов, к 2010 г. увеличится еще на 30 – 40 % [2,3]. При этом, это не только самый динамичный источник вредного воздействия на природную сферу, но для воздушного бассейна многих городов – еще и самый мощный источник.

Так, ежегодно на территории России в атмосферу от различных объектов промышленности и транспорта поступают десятки млн. т вредных веществ (химическое воздействие на воздушный бассейн). Сегодня в среднем по стране 56 % из них приходится на стационарные источники и 44 % на автотранспорт, составляющая которого постоянно растет [4]. При этом для городов европейской части России доля автотранспорта составляет до 70-90% (например, в Липецке – 73 %, Воронеже и Курске – 81 %, во Владимире – 83 %, Орле – более 88 %, Калуге – более 89 %, а в Москве – более 90 %). Это в значительной степени связано с высоким коэффициентом насыщенности личными автомобилями в данных регионах (рисунк 2).

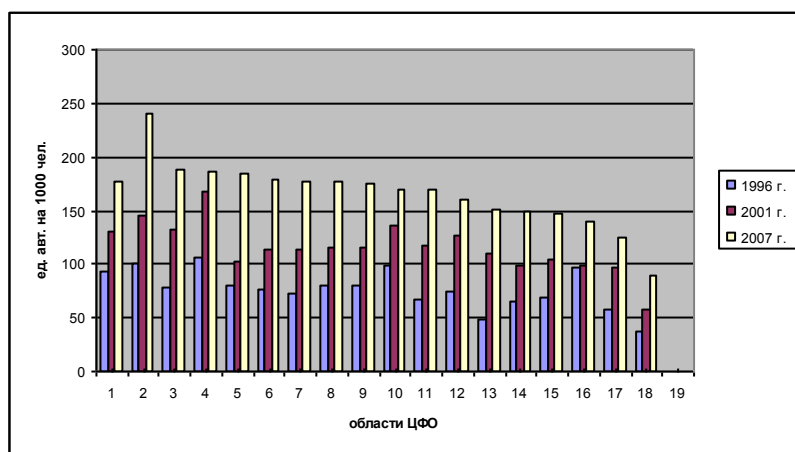


Рисунок 2 – Число собственных легковых автомобилей на 1000 человек населения по субъектам ЦФО (на начало соответствующего года)

- 1 – В среднем по РФ; 2 – Московская; 3 – Липецкая; 4 – Воронежская;
- 5 – Смоленская; 6 – Орловская; 7 – Рязанская; 8 – Калужская;
- 9 – Тульская; 10 – Белгородская; 11 – Тверская; 12 – Тамбовская;
- 13 – Курская; 14 – Костромская; 15 – Владимирская; 16 – Ярославская;
- 17 – Ивановская; 18 – Брянская.

Шумовое воздействие на акустическую среду (физическое воздействие на воздушный бассейн), особенно городских территорий, также преимущественно вызывается автомобилями – до 90 % шума [4,5].

Следует особо отметить, что эксплуатируемые в России автомобили, соответствующие современным международным требованиям по вредным выбросам и уровню шумового воздействия, составляют только 5 % автопарка. Средний возраст российского автомобиля составляет 12 лет

(более 73 % автопарка – АТС старше 7 лет), а, например, в Европе – не превышает 8 лет [1].

Результатами химического и физического загрязнения воздушного бассейна являются головные боли, усталость, увеличение как острых, так и хронических заболеваний легких, сердечно-сосудистой системы, новообразований у населения, стрессы и нервные проявления.

Таким образом, в настоящее время крайне актуальным является обеспечение экологической безопасности (ЭБ) автотранспорта на всех уровнях иерархии административно-территориального деления.

Функционирование существующей системы управления ЭБ объектов промышленно-транспортного комплекса России базируется на использовании стационарных моделей нормальной и неблагоприятной экологической обстановки на рассматриваемой территории (формируемых на определенный продолжительный период), так как доминирующим направлением государственного регулирования в этой области является экологическое нормирование и контроль за его исполнением. В результате в такой системе отсутствуют механизмы оперативного реагирования на текущие изменения, происходящие как в окружающей среде, так и в объекте управления, которые могут играть значительную роль при формировании качества природной сферы. А проведенный выше анализ указывает на реальную возможность высокой динамики экологической ситуации в регионах страны из-за постоянного роста влияния автотранспорта.

Проблема организации адаптивного управления ЭБ промышленно-транспортного комплекса в целом и его отдельными объектами связана с созданием и практическим использованием автоматизированных систем управления (АСУ) как на федеральном и региональном уровне, так и на уровне локальных территорий. Функции подобных АСУ должны реализовываться с использованием современных достижений информационных технологий, математического моделирования. Автоматизация процесса управления позволит решить полный спектр задач, связанных с обеспечением его результативности. Следует особо отметить, что это не только использование автоматизированных приборов контроля и наблюдения, но и, прежде всего, обеспечение оперативной реакции основных (проблеморазрешающих) компонентов системы управления на текущие изменения в объекте управления (его составляющих), в субъекте управления и во внешней среде.

Определим в качестве основных следующие подсистемы АСУ:

- *объект управления* – ЭБ промышленно-транспортного комплекса (его отдельного объекта или группы объектов) на рассматриваемой территории. В работе [6] он был введен как природно-техническая система с декомпозицией на составляющие: *компоненты природных сред, стационарные* (промышленные и дорожно-транспортные предприятия) и *передвижные* (транспортные средства) *источники промышленно-транспортного комплекса;*
- *система принятия решений*, в которой осуществляется принятие управленческих решений;

- исполнительная систем, которая реализует конкретные управляющие воздействия;
- система экомониторинга, которая осуществляет в автоматизированном режиме контроль и предварительную оценку текущего состояния объекта управления; а также контроль параметров внешнего воздействия на подсистемы АСУ;
- экспертно-информационная система (ЭИС) – важнейшая составляющая предлагаемой АСУ, наделенная свойствами искусственного интеллекта и постоянно взаимодействующая с системой принятия решений и системой экомониторинга (ее составляющими). На уровне ЭИС определено динамичное генерирование моделей, обеспечивающих своевременную адаптацию этих важнейших подсистем к текущим изменениям экологической обстановки.

Предлагаемая структура АСУ позволит обеспечить как контроль всех параметров, определяющих уровень негативного воздействия объектов промышленности и транспорта на окружающую среду, так и возможность генерирования достаточно полного множества альтернатив управления этим воздействием.

Ранжирование основных источников вредного влияния на компоненты природной сферы Орловского региона показал, что для создания конкретной модели и соответствующей организационной структуры необходимо выделить специализированную систему управления – АСУ ЭБ потоков автотранспорта, движущихся по городским дорогам [5]. Предлагаемая схема ее функционирования представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Схема АСУ ЭБ потоками автотранспорта.

На схеме введены следующие обозначения:

X – вектор параметров объекта ЭБ потоков автотранспорта. Это показатели качества окружающей среды на рассматриваемой территории, параметры потоков автотранспорта;

ω – вектор внешних воздействий на объект управления, которые влияют на распространение и накопление загрязнений, поступающих от потоков автотранспорта;

ω' – вектор внешних воздействий на Управляющую систему, который позволяет при выработке управляющих решений использовать внешнюю информацию;

ω'' – вектор внешних воздействий на контрольно-измерительный блок Системы экомониторинга;

Y – вектор результата функционирования контрольно-измерительного блока (подсистемы Системы экомониторинга), в котором регистрируются параметры объекта управления и измеряемых внешних воздействий;

X' – вектор предварительной оценки уровня ЭБ потоков автотранспорта (осуществляемой в подсистеме Системы экомониторинга);

λ – вектор управляющих информационных потоков от ЭИС в контрольно-измерительный блок: результат формирования рационального приборного обеспечения и оптимальной пространственной структуры измерительной сети;

ν – вектор управляющих информационных потоков от ЭИС в блок предварительной оценки ЭБ потоков автотранспорта: модели оценки, формируемые и хранящиеся в ЭИС;

m – вектор информационных потоков, поступающих от ЭИС в Управляющую систему для выработки научно обоснованных управленческих решений: результат формирования альтернативных сценариев управления;

γ' – вектор информационных сигналов обратной связи, направленных от системы принятия решений в ЭИС, предоставляющих результаты выбора для практической реализации сценариев управления;

U – вектор управляющих воздействий на объект управления. Это вариация управляемых параметров потоков автотранспорта.

Процесс негативного воздействия потоков автотранспорта на окружающую среду (процесс P_{AD}) рассмотрен в системном представлении (рисунок 4), что позволяет выявить целевые критерии и целевые нормативы, а также управляемые параметры.



Рисунок 4 – Системное представление проблемы негативного воздействия потоков автотранспорта, движущихся по городским автодорогам, на окружающую среду

Формирование неблагоприятной экологической обстановки на территориях, прилегающих к автодорогам, связано, прежде всего, с образованием зон накопления в атмосферном воздухе вредных примесей, концентрация которых может превышать предельно допустимые значения (ПДК) (блок [1]), и зон акустического дискомфорта, в которых уровень шума может превышать санитарно-гигиенические нормы (блок [2]). В них проживает, работает, учится или отдыхает значительная часть населения. Кроме того, городские автодороги являются одним из важнейших источников сточных вод, насыщенных вредными веществами, прежде всего, нефтепродуктами (НП) и взвешенными веществами (ВВ). Они загрязняют придорожные ландшафты и как в случае организованного сброса через ливневую канализацию (которой, например, в г. Орле обеспечено только 30 % автодорог города), так и неорганизованного – попадают без какой-либо очистки в поверхностные водные объекты города. Данный факт учтен в блоке [3].

Уровень и устойчивость негативного влияния, оказываемого потоками автотранспорта на вышеуказанные компоненты природной среды и здоровье населения (размеры экологически опасных зон, периодичность их возникновения, продолжительность), определяются следующими факторами: объемами и составом загрязнений, поступающих в воздушный бассейн (блок [1.1]); величиной эквивалентного уровня транспортного шума (блок [2.1]); количеством и структурой загрязнений, попадающих в поверхностный сток (блок [3.1]). Их непосредственные значения зависят от различных *транспортных и дорожных факторов* (блоки верхнего уровня системы **УО**, **А**, **Б**, **В**, **Г**, **Д**), каждый из которых связан с различным способом формирования вредных воздействий. Кроме того, на формирование размеров зон неблагоприятной экологической обстановки и окончательное установление значений показателей качества природных сред внутри них прямое влияние оказывают различные *внешние факторы*, отраженные блоками [4] – [9].

Конечный результат загрязнения окружающей среды определен нижним уровнем представленной системы. Это негативные изменения в здоровье населения, условиях протекания естественных процессов в биосфере, продуктах человеческой деятельности – техносфере, а также в ноосфере.

Опишем детально переменные, характеризующие процесс P_{AD} :

1) Составляющие вектора X , являющиеся параметрами потоков автотранспорта (и улично-дорожной сети), определяющими уровень их ЭБ на рассматриваемой территории: N – часовая интенсивность потока на данном перегоне, *авт./ч*; $Q_{г.авт.}$, $Q_{г.}$, $Q_{авт.}$ – доля в потоке грузовых автомобилей и автобусов, только грузовых автомобилей, только автобусов соответственно, %, V – скоростной режим, *км/ч*; N' – число АТС, остановленных за час на данном перекрестке, *авт./ч*; $Q'_{г.авт.}$, $Q'_{г.}$, $Q'_{авт.}$ – доля в N' грузовых автомобилей и автобусов, только грузовых автомобилей, только

автобусов соответственно, %; l – ширина проезжей части, м; s – длина перегона, м; α – величина продольного уклона, ‰.

2) Составляющие вектора X , характеризующие мощность эмиссии загрязнений различного вида от потоков автотранспорта в окружающую среду:

$q_{CO}, q_{NO_2}, q_{SO_2}, q_{C_xH_y}, q_C$ – мощность выброса в атмосферу оксида углерода

CO , диоксида азота NO_2 , диоксида серы SO_2 , углеводородов C_xH_y и сажи C соответственно, г/ч·км; $qI_{CO}, qI_{NO_2}, qI_{SO_2}, qI_{C_xH_y}, qI_C$ – выбросы этих за-

грязняющих веществ в атмосферу на данном перегоне, г/ч;

$q'_{CO}, q'_{NO_2}, q'_{SO_2}, q'_{C_xH_y}, q'_C$ – дополнительные выбросы на перекрестке, г/ч;

$m_{CO}, m_{NO_2}, m_{SO_2}, m_{C_xH_y}, m_C$ – выбросы на данном участке автодороги (включая и перегон, и перекресток), г/ч; $L_{экс}$ – эквивалентный уровень шума, создаваемый потоком (у проезжей части) на середине перегона, а

$L2_{экс}$ – на перекрестке, дБА; $C_{дож.}^{НП}, C_{дож.}^{ВВ}, C_{тал.}^{НП}, C_{тал.}^{ВВ}$ – концентрации НП и ВВ в дождевых и талых водах соответственно, мг/л.

3) Составляющие вектора X , являющиеся показателями качества компонентов природной среды: $C_{CO}, C_{NO_2}, C_{SO_2}, C_{C_xH_y}$ – концентрации $CO, NO_2,$

SO_2, C_xH_y в атмосфере у проезжей части, а $C1_{CO}, C1_{NO_2}, C1_{SO_2}, C1_{C_xH_y}$ – на границе жилой застройки (или на выбранном расстоянии от автодороги) на центре перегона, мг/м³;

$C2_{CO}, C2_{NO_2}, C2_{SO_2}, C2_{C_xH_y}$ – у проезжей части, а $C3_{CO}, C3_{NO_2}, C3_{SO_2}, C3_{C_xH_y}$ – на границе жилой застройки (или на выбранном расстоянии от автодороги) на перекрестке, мг/м³;

$L1_{экс}$ – эквивалентный уровень шума на границе жилой застройки на середине перегона, а $L3_{экс}$ – на перекрестке, дБА;

$\Theta_{дож.}^{НП}, \Theta_{дож.}^{ВВ}, \Theta_{тал.}^{НП}, \Theta_{тал.}^{ВВ}$ – фактический сброс НП и ВВ с дождевыми и талыми водами, г/ч.

4) Составляющие вектора внешних воздействий ω : v_B – скорость ветра, м/с; φ – угол между направлением ветра и осью автодороги, град.; t – температура воздуха, °С; ψ – влажность воздуха, %; p – давление воздуха, мм.рт.ст.; $Q_{дож.в.}, Q_{тал.в.}$ – расход дождевых и талых вод на данном участке автодороги, л/с; l' – ширина улицы, м; H – высотность застройки (85 % обеспечения), м; k_3 – плотность застройки, %; $k_{оз}$ – коэффициент озеленения, ед./100 м; l'' – расстояние до точки контроля (расположение стационарной или мобильной станции мониторинга и т.п.), или до границы жилой застройки, м.

В период 2004 – 2007 гг. на территории г. Орла с участием инициативных творческих групп (преподаватели, аспиранты и студенты орловских университетов) проводился экомониторинг в зоне влияния авто-

дорог города, в ходе которого производились натурные замеры и теоретические оценки описанных выше параметров. Получены следующие результаты. Более 85 % проб воздуха, взятых у проезжей части на центральной

части перегонов и более 98 % на отрезке перегона, примыкающем к перекрестку (15-100 м в зависимости от длины очереди автомобилей, остановившихся при подходе к перекрестку), превышают ПДК_{м.р} (ПДК макси-

мально разовая) по содержанию CO , при этом 24 и 33% из них соответственно превышают $ЗПДК_{м.р.}$. Более 68 % проб воздуха, взятых на границе жилой застройки в центральной части перегонов и более 85 % на отрезке перегона, примыкающем к перекрестку, превышают $ПДК_{м.р.}$, при этом 40 и 50 % из них соответственно превышает $ЗПДК_{м.р.}$.

Значения эквивалентного уровня шума составили от 75 до 84 дБА при замерах на расстоянии 7,5 м от середины крайней полосы автодороги на перегонах и от 78 до 87 дБА при замерах во время разгона автомобилей на отрезке перегона, примыкающем к регулируемому перекрестку; на границе жилой застройки они составили от 72 до 82 дБА и от 75 до 85 дБА соответственно. Таким образом, происходит не только превышение предельно допустимого уровня для селитебных территорий (60 дБА) на 15 – 25 и более дБА, но и превышение верхнего граничного значения для зоны тротуаров (75 дБА) до 12 дБА и даже зоны транспортного движения (85 дБА) до 2 дБА. Уровень шумовой нагрузки, замеренный в утреннее, дневное и вечернее время в жилых помещениях, помещениях учебных, лечебных заведений с окнами, выходящими на проезжую часть, превышает допустимые уровни (ДУ) на 2 – 30 дБА.

Зарегистрирован высокий уровень загрязнения поверхностного стока с полотна автодорог. Так значения концентрации НП в ливневых водах, замеренные в первые 10 – 20 минут выпадения дождя, и в талых водах, замеренные в период активного снеготаяния составляют соответственно (70–490) и (80–554) $ПДК_{р.х.н.}$ (для водоемов рыбохозяйственного назначения) и (35–245) и (40–277) $ПДК_{к.б.н.}$ (культурно бытового назначения). Для ВВ данные показатели составили (960–6800) и (1100–7600) $ПДК_{р.х.н.}$ или (320–2270) и (370–2550) $ПДК_{к.б.н.}$ соответственно.

Для визуализации данных экомониторинга на основе ГИС-слоев создан атлас электронных карт «Загрязнение окружающей среды г. Орла при движении потоков автотранспорта по автодорогам» [5], некоторые из которых показаны на рисунках 5 и 6 (среда *GisMaster*).



Цвет участка	$СI_{CO}, \text{мг/м}^3$	в долях $ПДК_{м.р.}$
	менее 5	менее 1
	5-15	1-3
	более 15	более 3

Рисунок 5 – Вид электронной карты «Загрязнение атмосферного воздуха г. Орла выбросами оксида углерода на территории, находящейся в зоне влияния автодорог» (в среднем за год).



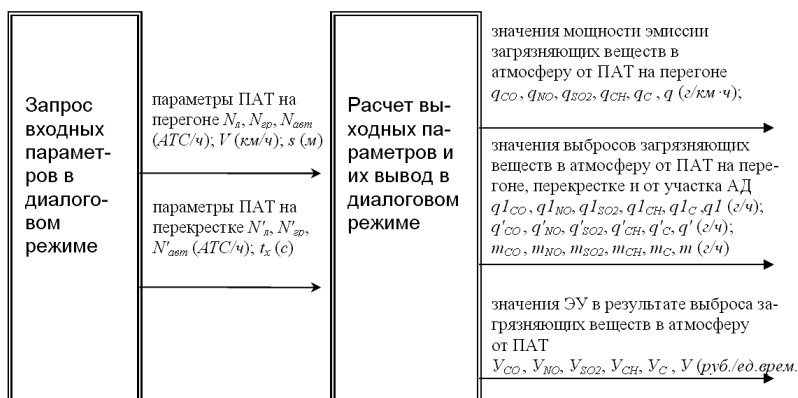
Цвет участка	$L_{экв}$, дБА
	до 70
	70-75
	75-80
	более 80

Рисунок 6 – Вид электронной карты «Загрязнение акустической среды г. Орла на территории, находящейся в зоне влияния автодорог» (в среднем за год).

Проведенный с помощью электронных карт пространственный анализ показал, что более 35 % территории города находится в зоне с превышением ПДК по загрязнению атмосферного воздуха, не пропадающей в течение года (в дни с неблагоприятной метеорологической обстановкой, сухая безветренная погода, эта зона увеличивается до 80 %). Акустическая среда на более чем 60 % территории города, находящейся в зоне влияния автодорог, является дискомфортной. При этом более 20 % этой территории города находится в зоне устойчивого дискомфорта, которая не пропадает в течение суток.

Данные экомониторинга использовались при моделировании процессов, происходящих в компонентах природной среды в зоне влияния автодорог, с учетом существующего и предполагаемого воздействия от потоков автотранспорта и возможных результатов управления. Разработан банк универсальных моделей: 9 программных функций и 51 нейросетевой комплекс.

Так, программные функции q_ZV_EU , $q_ZV_peregon$ (только перегон), $q_ZV.cross$ (только перекресток), q_ZV (без расчета экологического ущерба), выполненные на языке *MATLAB*, позволяют проводить расчет мощности воздействия потоков автотранспорта на атмосферу прилегающих территорий в диалоговом режиме согласно схеме, показанной на рисунке 7.



V – экологический ущерб за определенный временной интервал (час, месяц, год).

Рисунок 7 – Блок-схема функционирования q_ZV_EU

Программные функции **FS_ZV**, выполненные на языке **MATLAB**, позволяют проводить расчет фактического сброса НП и ВВ с дождевыми и тальми водами согласно схеме рисунка 8. Также были разработаны программные функции **FS_NP** и **FS_VV** (только НП или только ВВ соответственно с дождевыми и/или тальми водами), а также **FS_dv** и **FS_tv** (НП и/или ВВ только с дождевыми или только с тальми водами соответственно).

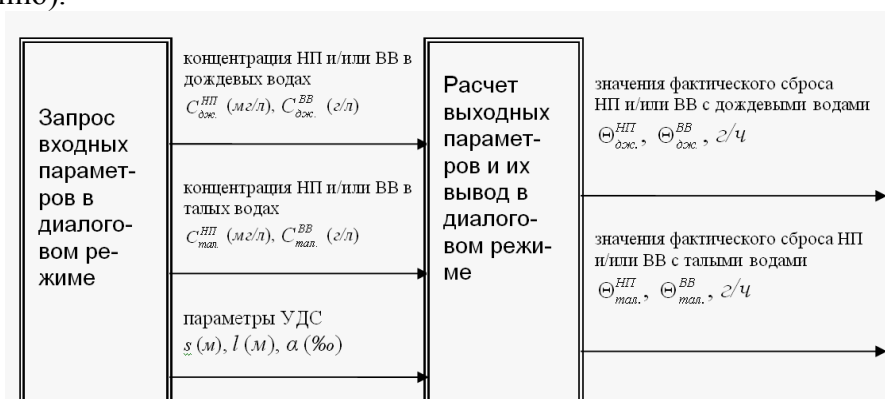


Рисунок 8 – Блок-схема функционирования FS_ZV

Для построения математических моделей, адекватно отражающих зависимости показателей качества компонентов природной среды на различном удалении от автодорог, а также позволяющих определять возможные управляющие воздействия как вариацию указанных выше параметров потоков автотранспорта, использовался нейросетевой аппарат. Построение моделей в виде обученных искусственных нейронных сетей (ИНС) проводилось в среде *Neural Networks Toolbox* (среда **MATLAB**). Конкретная архитектура каждой ИНС определялась путем построения и последующей проверки на адекватность и предсказательные способности большого количества различных нейросетевых структур: варьировалось число слоев, нейронов в скрытых слоях, изменялись функции активации. Обучение ИНС проводилось с применением разных методов. Результаты исследований представлены в таблице 1, в которой используются следующие обозначения: L_1 , L_w / L – число слоев, число весов ИНС/число нейронов в скрытых слоях соответственно; mse – критерий средней квадратичной ошибки, минимизируемой в процессе обучения ИНС; R^2 – коэффициент детерминации; $\bar{A}_{об.}$ и $\bar{A}_{прог.}$ – средние ошибки аппроксимации на обучающей и тестовой выборках. Второй столбец таблицы 1 содержит название ИНС (соответствующей модели) и профиль, которым описывается архитектура ИНС. Наилучший результат, соответствующий адекватному решению как прямых (оценка и прогнозирование), так и обратных (выбор управления) задач, получен для двухслойных ИНС, в архитектуре которых используется сигмоидальная (логистическая) функция активации. Наименьшие значения ошибок обучения и прогноза получены в результате применения метода оптимизации *Левенберга-Марквардта*. Таблица 1 демонстрирует высокое качество обучения и хорошие прогности-

ческие возможности для всех созданных ИНС: $mse = 7,4 \cdot 10^{-8} \div 1,87 \cdot 10^{-4}$, $\bar{A}_{об.} = 0,005 \div 1,47 \%$; $\bar{A}_{прог.} = 0,31 \div 5,06 \%$.

Таблица 1 – Анализ нейросетевых математических моделей.

№ п/п	Название ИНС/	Входы ИНС	Выходы ИНС	$N_{об.}/N_{тест.}$	L_t	L_w/L	mse	$R^2, \%$	$\bar{A}_{об.}, \%$	$\bar{A}_{прог.}, \%$
1	NN_AB1_t 7-8-1	$N_n, N_{сп}, N_{дем}, V, s, \nu, \nu_B, \varphi$	C_{CO}	548/94	2	72/9 (8+1)	$8,94 \cdot 10^{-6}$	99,8	0,86	1,98
2	NN_AB1_x 7-8-1	$N_n, N_{сп}, N_{дем}, V, s, \nu, \nu_B, \varphi$	C_{CO}	476/72	2	72/9 (8+1)	$9,73 \cdot 10^{-6}$	99,7	0,92	2,36
3	NN_AB2_t 7-8-1	$N_n, N_{сп}, N_{дем}, V, s, \nu, \nu_B, \varphi$	$C2_{CO}$	548/94	2	72/9 (8+1)	$7,87 \cdot 10^{-6}$	99,8	0,77	1,64
4	NN_AB2_x 7-8-1	$N_n, N_{сп}, N_{дем}, V, s, \nu, \nu_B, \varphi$	$C2_{CO}$	476/72	2	72/9 (8+1)	$8,93 \cdot 10^{-6}$	99,8	0,82	2,12
5	NN_AB3_t 7-8-2	$N_n, N_{сп}, N_{дем}, V, s, \nu, \nu_B, \varphi$	$C_{CO}, C2_{CO}$	548/94	2	108/12 (10+2)	$9,22 \cdot 10^{-6}$	99,7	0,88	2,18
6	NN_AB3_x 7-8-2	$N_n, N_{сп}, N_{дем}, V, s, \nu, \nu_B, \varphi$	$C_{CO}, C2_{CO}$	476/72	2	108/12 (10+2)	$1,12 \cdot 10^{-5}$	99,6	0,97	2,48
7	NN_AC1 4-8-1	$s, V, Q_{L,дем}, N$	$L_{уме}$	256/48	2	72/9 (8+1)	$5,05 \cdot 10^{-7}$	99,9	0,03	0,35
8	NN_AC2 4-8-1	$s, V, Q_{L,дем}, N$	$L2_{уме}$	256/48	2	72/9 (8+1)	$3,3 \cdot 10^{-7}$	99,9	0,06	0,44
9	NN_AC3 4-8-2	$s, V, Q_{L,дем}, N$	$L_{уме}, L2_{уме}$	256/48	2	60/10 (8+2)	$2,8 \cdot 10^{-7}$	99,8	0,04	0,39
10	NN_VODA_NP 5-12-1	$N, Q_{L,дем}, V, s, l$	$C_{анк.}^{III}$	184/36	2	78/13 (12+1)	$1,05 \cdot 10^{-6}$	99,8	0,35	2,6
11	NN_VODA_VV 5-12-1	$N, Q_{L,дем}, V, s, l$	$C_{анк.}^{BB}$	184/36	2	78/13 (12+1)	$1,35 \cdot 10^{-5}$	99,6	1,15	3,6
12	NN_VODA 5-10-2	$N, Q_{L,дем}, V, s, l$	$C_{анк.}^{III}, C_{анк.}^{BB}$	184/36	2	84/12 (10+2)	$3,44 \cdot 10^{-5}$	99,5	1,47	4,7
13	NN_AB1r_t 11-8-1	$N_n, N_{сп}, N_{дем}, V, s, l''k_{с1}, Hk_3, \nu_B, \sin \varphi$	$C1_{CO}$	548/94	2	72/9 (8+1)	$2,14 \cdot 10^{-5}$	99,6	1,23	3,26
14	NN_AB1r_x 11-8-1	$N_n, N_{сп}, N_{дем}, V, s, l''k_{с1}, Hk_3, \nu_B, \sin \varphi$	$C1_{CO}$	476/72	2	72/9 (8+1)	$3,52 \cdot 10^{-5}$	99,6	1,32	3,83
15	NN_AB2r_t 11-8-1	$N_n, N_{сп}, N_{дем}, V, s, l''k_{с1}, Hk_3, \nu_B, \sin \varphi$	$C3_{CO}$	548/94	2	72/9 (8+1)	$2,07 \cdot 10^{-5}$	99,7	1,07	2,43

По результатам имитационных экспериментов, проведенных на основе разработанных ИНС, созданы ГИС-слои и сформирован банк электронных карт. Они позволяют проводить прогнозный пространственный анализ параметров потоков автотранспорта, а также уровня их негативного воздействия на природную среду по состоянию загрязненности территории, прилегающей к автодорогам. Для примера подобная электронная карта показана на рисунке 9 (построенная по данным компьютерного эксперимента с использованием моделей **NN_AB1r_t**, **NN_AB2r_t**, **NN_AB3r_t**).

Для интегральной оценки уровня воздействия потоков автотранспорта на воздушный бассейн (химическое и физическое загрязнение) и эффективного выявления зон неблагоприятной экологической обстановки на прилегающих территориях разработана *специализированная модель ES* на основе аппарата нечеткой логики (пакет *Fuzzy Logic Toolbox*). С ее использованием выявлены все участки автодорог, которые характеризуются опасной и очень опасной экологической ситуацией по состоянию воздушного бассейна, сформированного при движении потоков автотранспорта.

16	NN_AB2r_x 11-8-1	$N_{в}, N_{ср}, N_{зем}, V, s, l'', k_{01}, H, k_2, v_B, simφ$	$C3_{CO}$	476/ 72	2	72/9 (8+1)	$2.95 \cdot 10^{-5}$	99.7	1.18	2.62
17	NN_AB3r_t 11-10-2	$N_{в}, N_{ср}, N_{зем}, V, s, l'', k_{01}, H, k_2, v_B, simφ$	$C4_{CO}, C3_{CO}$	548/ 94	2	108/12 (10+2)	$4.12 \cdot 10^{-5}$	99.6	1.27	4.18
18	NN_AB3r_x 11-10-2	$N_{в}, N_{ср}, N_{зем}, V, s, l'', k_{01}, H, k_2, v_B, simφ$	$C4_{CO}, C3_{CO}$	476/ 72	2	108/12 (10+2)	$5.02 \cdot 10^{-5}$	99.6	1.35	4.33
19	NN_AC1r_t 8-8-1	$s, V, Q_{зем}, N, l'', k_{01}, H, k_2$	$L1_{име}$	256/ 48	2	72/9 (8+1)	$5.73 \cdot 10^{-7}$	99.9	0.07	0.51
20	NN_AC1r_x 8-8-1	$s, V, Q_{зем}, N, l'', k_{01}, H, k_2$	$L1_{име}$	222/ 42	2	72/9 (8+1)	$5.81 \cdot 10^{-7}$	99.9	0.07	0.53
21	NN_AC2r_t 8-8-1	$s, V, Q_{зем}, N, l'', k_{01}, H, k_2$	$L3_{име}$	256/ 48	2	72/9 (8+1)	$7.58 \cdot 10^{-7}$	99.9	0.08	0.61
22	NN_AC2r_x 8-8-1	$s, V, Q_{зем}, N, l'', k_{01}, H, k_2$	$L3_{име}$	222/ 42	2	72/9 (8+1)	$8.03 \cdot 10^{-7}$	99.8	0.09	0.72
23	NN_AC3r_t 8-8-2	$s, V, Q_{зем}, N, l'', k_{01}, H, k_2$	$L1_{име}, L3_{име}$	256/ 48	2	72/9 (8+1)	$7.18 \cdot 10^{-7}$	99.9	0.08	0.55
24	NN_AC3r_x 8-8-2	$s, V, Q_{зем}, N, l'', k_{01}, H, k_2$	$L1_{име}, L3_{име}$	222/ 42	2	72/9 (8+1)	$7.73 \cdot 10^{-7}$	99.9	0.085	0.65
25	NN_AB1r_t 7-8-1	$C_{CO}, l'', k_{01}, H, k_2, v_B, simφ$	$C1_{CO}$	548/ 94	2	72/9 (8+1)	$6.31 \cdot 10^{-6}$	99.8	0.57	1.73
26	NN_AB1r_x 7-8-1	$C_{CO}, l'', k_{01}, H, k_2, v_B, simφ$	$C1_{CO}$	476/ 72	2	72/9 (8+1)	$7.03 \cdot 10^{-6}$	99.8	0.72	1.96
27	NN_AB2r_t 7-8-1	$C2_{CO}, l'', k_{01}, H, k_2, v_B, simφ$	$C3_{CO}$	548/ 94	2	72/9 (8+1)	$5.57 \cdot 10^{-6}$	99.8	0.55	1.66
28	NN_AB2r_x 7-8-1	$C2_{CO}, l'', k_{01}, H, k_2, v_B, simφ$	$C3_{CO}$	476/ 72	2	72/9 (8+1)	$6.92 \cdot 10^{-6}$	99.8	0.67	2.00
29	NN_AC1r_t 5-8-1	$L_{име}, l'', k_{01}, H, k_2$	$L1_{име}$	256/ 48	2	72/9 (8+1)	$7.40 \cdot 10^{-8}$	99.9	0.01	0.31
30	NN_AC1r_x 5-8-1	$L_{име}, l'', k_{01}, H, k_2$	$L1_{име}$	222/ 42	2	72/9 (8+1)	$7.51 \cdot 10^{-8}$	99.9	0.01	0.34
31	NN_AC2r_t 5-8-1	$L2_{име}, l'', k_{01}, H, k_2$	$L3_{име}$	256/ 48	2	72/9 (8+1)	$7.44 \cdot 10^{-8}$	99.9	0.01	0.31
32	NN_AC2r_x 5-8-1	$L2_{име}, l'', k_{01}, H, k_2$	$L3_{име}$	222/ 42	2	72/9 (8+1)	$7.56 \cdot 10^{-8}$	99.9	0.01	0.36
33	NN_AB1_t_NI 7-8-1 (10)	$C_{CO}, N_{ср}, N_{зем}, V, s, v_B, φ$	$N_{в}$	548/ 94	2	72/9 (8+1)	$2.64 \cdot 10^{-6}$	99.8	0.27	3.65



Цвет участка	$C1_{CO}, \text{мг/м}^3$	в долях ПДК _{м.р.}
	менее 5	менее 1
	5-15	1-3
	более 15	более 3

Рисунок 9 – Вид электронной карты «Прогноз загрязнения атмосферного воздуха г. Орла выбросами CO на территории, находящейся в зоне влияния автодорог, $v_B = 1 \text{ м/с}$, направление Ю»

Разработанные программные функции, нейросетевые комплексы и электронные карты должны составить базу моделей ЭИС. Информация, поступающая в ЭИС с векторами X' и Y , станет основой для оперативного пересмотра этих моделей и электронных карт, визуализирующих благоприятную и неблагоприятную экологическую обстановку в зоне влияния автодорог, в случае принципиальных изменений в объекте управления (см. рисунок 3). Собираемая в автоматизированном режиме Системой экомониторинга ретроспективная информация о состоянии объекта

управления и внешней среды позволит создать (переобучить, скорректировать) необходимые модели.

Автоматизация процесса управления, включение в АСУ ЭБ блока ЭИС, наделенного свойствами искусственного интеллекта и постоянно взаимодействующего с другими подсистемами, позволит обеспечить гибкое адаптивное управление различными объектами промышленности и транспорта, данной отрасли экономики в целом, а в результате – ЭБ регионов России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автомобильный рынок России – 2008 [Текст]: Статистика и аналитика: производство, продажи, парк/ сост. С. Целиков и [др.]; аналитическое агентство «Автомобильная статистика». – М.: АВТОСТАТ, 2008. – 189 с.
2. Воздействие транспортного комплекса РФ на состояние ОС и здоровье населения [Текст]: Аналитический доклад; научно-техническое обеспечение транспортного комплекса / сост. В.А. Петрухин и [др.]; ФГУП НИИАТ – М.: НПСТ «Трансконсалтинг», 2002. – 68 с.: ил.
3. Летов, Г. Экологический ущерб от автомобильных выбросов превышает 1 процент валового национального продукта [Текст]/ Г. Летов // Экология производства. – 2005. - № 4. – С. 11-12.
4. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2007 году: государственный доклад [Электронный ресурс]. – М., 2008. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с экрана.
5. Иващук, О.А. Повышение экологической безопасности автотранспорта региона на основе систем мониторинга с использованием интеллектуальных технологий [Текст]: монография/ О.А. Иващук. – Орел: изд-во ОрелГАУ, 2008. – 244 с.: ил. – ISBN 978-5-93382-100-7.
6. Иващук, О.А. Управление экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса [Текст]/ О.А. Иващук// Известия ОрелГТУ. Информационные системы и технологии. – 2009. - № 1/51(562). – С. 16-22.

Иващук Ольга Александровна

Орловский государственный аграрный университет, г. Орел
Кандидат физико-математических наук, зав. кафедрой «Физика»
Тел. +7 (4862) 70-18-87, e-mail ivascuk@orel.ru

Бондаренко Елена Викторовна

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург
Доктор технических наук, профессор

УДК 629.3(076)

А.П. ЛАПИН, А.Н.НОВИКОВ, А.А.ГЛУХОВ, Р.Р. САДЫКОВ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Нефть является экологически опасным веществом, которое при попадании в окружающую среду (в почву, в водоемы) нарушает, угнетает и заставляет протекать иначе все жизненные процессы: подавляет дыхательную активность и микробное самоочищение, изменяет соотношение между отдельными группами естественных микроорганизмов, меняют направление метаболизма, угнетает процессы азотфиксации, нитрификации, разрушения целлюлозы, приводит к накоплению трудноокисляемых продуктов, уменьшает количество корневых выделений и органических остатков растений, являющихся важнейшими факторами питания микроорганизмов.

Ключевые слова: гидродинамические параметры; рекультивация; структурирующие мелиоранты; биомелиорация; рекультивация.

Mineral oil (petroleum) is ecologically dangerous matter which falling into soil or water breaks, suppresses and makes all life courses change: suppresses respiratory metabolism and microbial self-cleaning, changes ratio between separate groups of natural microorganisms, change metabolism directions, suppresses nitrogen-fixing, nitrification, cellulose destruction, results in an accumulation of hard-oxidable products, decreases root release and organic plant remainders being the significant factors of microorganism nutrition.

Keywords: hydrodynamic parameters, revegetation, structuring land-reclamation, bio-melioration, revegetation.

Из трех основных составляющих природных сред - почвы, воды и воздуха — сложнее всего восстанавливаются загрязненные почвы, поскольку способны аккумулировать и закреплять токсические вещества.

Оценка масштабов загрязнения земель выполняется в ходе почвенно-мелиоративного обследования, где определяются объемы, площади, примерные геометрические формы и размеры зоны загрязнения.

В аварийном режиме при разливе нефти срабатывают средства контрольной автоматики нефтепровода, при этом сначала останавливается перекачка нефти, а затем закрываются задвижки на участке нефтепровода, что прекращает дальнейшие утечки нефти в почвогрунтовую среду и грунтовые воды.

Оценив объем и предварительную площадь зоны загрязнения, выбирают технологическую схему восстановления качества загрязненных грунтовых вод для создания системы очистки земель от загрязнения.

После формирования земельно-охранной системы и подбора ее рабочих параметров начинается этап локализации нефтяного загрязнения в пределах земельно-охранной системы, для предотвращения дальнейшего распространения нефтепродуктов и дополнительного или вторичного загрязнения земель. В зависимости от гидродинамических параметров почвогрунтовой среды один из рядов скважин работает на водоотбор, а другой ряд - на нагнетание.

Как показывает практика, концентрации нефтепродуктов после аварийного разлива на осредненной площади до 5 га могут составлять в почве 100-200 мг/кг, в грунтовых водах 15-100 мг/л.

Естественное восстановление почв, загрязненных нефтью - чрезвычайно медленный процесс, в котором большое значение имеют микроорганизмы. Поэтому рекультивацию таких почв следует рассматривать как комплексную проблему, находящуюся на стыке дисциплин, среди которых ведущее место принадлежит биотехнологии.

Актуальным направлением охраны окружающей среды является разработка эффективных мероприятий по очистке почвы от вредных продуктов жизнедеятельности человека. Одним из основных загрязнителей почв считается нефть и продукты ее переработки.

Очистка почвы представляет собой проблему, для ее решения требуются значительные капитальные и эксплуатационные затраты.

Ликвидация нефтяного загрязнения в верхних слоях почвы достигается проведением мелиоративных мероприятий: перемешивание загрязненной почвы для увеличения ее аэрации; внесение структурирующих мелиорантов (опилки, рисовая или подсолнечная лузга); увлажнение почвы; внесение биопрепаратов типа «Доворойл»; внесение удобрительных мелиорантов. Одновременно с проведением биомелиорации верхних слоев почвы включается в работу технологическая система скважин, причем, как и на ликвидационно-локализационном этапе один ряд скважин работает на нагнетание воды в водоносный горизонт, а другой на отбор воды.

Контроль за состоянием земель проводится постоянно на всех этапах работы земельно-охранной системы от момента начала ее функционирования до доведения состояния земель до санитарных норм. Последующий контроль очищенных от загрязнений земель проводится в ходе планового экологического мониторинга с периодичностью отбора проб почво-грунта и грунтовых вод один раз в квартал. Таким образом, создается земельно-охранная система, которая выполняет роль контроля за состоянием рекультивируемых и мелиорируемых земель.

Разработанная земельно-охранная система, состоящая из пары технологических скважин - водоотборной и поглощающей имеет характеристики:

1. Ликвидация аварийных разливов нефтепродуктов на объектах переработки, транспорта и хранения нефти.

2. Предотвращение вторичного загрязнения почвенного профиля в результате колебания уровня грунтовых вод.

3. Параметры земельно-охранной системы:

- площадь очищаемых земель - до 1 га;

- глубина эффективной очистки - 1-30м;

- начальные концентрации нефтепродуктов:

в верхнем слое почвы 100-150 г/кг;

в грунтовых водах - 10-50 мг/л;

- производительность циркуляционной системы - 10-200 м³/сут;

- концентрация растворенного кислорода в поглощающей скважине - 10-15 мг/л.

Почвы, загрязненные нефтью и нефтепродуктами, saniруют механическими, физико-химическими, термическими и биологическими методами, а также биовентилярованием (табл. 1)

В настоящее время основными способами ликвидации нефтеразливов на почве является выжигание или захоронение нефти путем отсыпки песком - методы, не всегда возможные и не устраняющие экологические последствия.

Более того, метод ликвидации нефтепродуктов путем их сжигания приводит к серьезному загрязнению воздуха различными химическими соединениями, в том числе канцерогенными и токсичными, а почвы - негоревшим остатком.

Таблица 1 - Методы ликвидации нефтяных загрязнений почвы

Методы	Способ ликвидации	Особенности применения
1	2	3
Механические	Обваловка загрязнения, откачка нефти в емкости	Первичные мероприятия при крупных разливах при наличии соответствующей техники и резервуаров (проблема очистки почвы при просачивании нефти в грунт не разрешается)
	Замена почвы	Вывоз почвы на свалку для естественного разложения
Физико-химические	Сжигание	Экстренная мера при угрозе прорыва нефти в водные источники. В зависимости от типа нефти и нефтепродукта уничтожается от 1/2 до 2/3 разлива. Остальная часть просачивается в почву. Из-за недостаточно высокой температуры в атмосферу попадают продукты возгонки и неполного окисления нефти; землю после сжигания необходимо вывозить на свалку (в Москве ежегодно вывозится более 70 тыс. т «горелой земли»)
	Предотвращение возгорания	При разливе легковоспламеняющихся продуктов в цехах, жилых кварталах, на автомагистралях, где возгорание опаснее загрязнения почвы; изолируют разлив сверху противопожарными пенами или засыпают сорбентами.
	Промывка почвы	Проводится в промывных барабанах с применением ПАВ, промывные воды отстаиваются в гидроизолированных прудах или емкостях, где в последствии проводятся их разделение и очистка.
	Дренажирование почвы	Разновидность промывки почвы на месте с помощью дренажных систем; может сочетаться с биологическими методами с использованием нефтеразлагающих бактерий.

Продолжение таблицы 1

1	2	3
	Экстракция растворителями	Обычно проводится в промывных барабанах летучими растворителями с последующей отгонкой их остатков паром
	Сорбция	Разливы по сравнительно твердой поверхности (асфальт, бетон, утрамбованный грунт) засыпают сорбентами для поглощения нефтепродукта и снижения пожароопасности при разливе легковоспламеняющихся продуктов
	Термическая сорбция	Проводится редко при наличии соответствующего оборудования, позволяет получать полезные продукты вплоть до мазутных фракций
Биологические	Биоремедиация	Применяют нефтеразлагающие бактерии. Необходима заправка культуры в почву, периодические подкормки растворами удобрений, ограничения по глубине обработки, температуре почвы (выше 15°C), процесс занимает 2-3 сезона.
	Фитомелиорация	Устранение остатков нефти путем высева нефтестойких трав (клевер ползучий, щавель, осока и др.), активизирующих почвенную микрофлору, является окончательной стадией рекультивации загрязненных почв

Так, эффективной может оказаться обработка твердых поверхностей сжатым воздухом с абразивными частицами. Относительно вязкие нефтепродукты, не проникающие в почву, удаляют бульдозерами и захороняют в специально вырытых траншеях. Простым способом очистки является экстракция загрязнений горячей водой или паром. Экстракция пропаном дает результаты, подобные сжиганию, но при существенно меньших затратах. Использование термических методов выжигания нефти и нефтепродуктов уничтожает биологическую активность почв, но она восстанавливается добавлением компоста и минеральных веществ.

Для обезвреживания почвы от нефтепродуктов в Орловской области используют препарат «Эконафт» без создания шламовых амбаров.

Препарат «Эконафт» предназначен для химического обезвреживания, герметизации и утилизации нефтемаслоотходов и санации нефтезагрязненных почв (отработанных масел, эмульсий, масло- и нефтесодержащих шламов, кислых гудронов, отходов лаков, красок и др.), а также для очистки и рекультивации площадей разлива нефтепродуктов, ликвидации загрязнений при авариях нефтепродуктопроводов, нефтезагрязненных

почв и др.). Препарат - гидрофобизированная диспергирующая смесь, приготовливаемая на базе оксида минерального сорбента (негашеной строительной извести ГОСТ 9179-77) с добавкой специального модификатора.

Препарат по ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества» относится к IV классу опасности — малоопасное вещество. По взрывопожароопасной

характеристике препарат относится к негорючим веществам по ГОСТ 12.1.011-78. Температура кипения +2850°C, температура плавления +2580°C, pH водного раствора 11-12, растворимость в воде - маслорастворимое вещество.

Сущность действия препарата заключается в том, что при смешении нефтемаслоотходов или нефтезагрязненной земли с препаратом в соотношении 1:1-2 оксид щелочно-земельного металла образует с водой гидроксид. При добавлении модификатора, нефтепродукты равномерно им адсорбируются с получением гидрофобного, морозоустойчивого, стойкого при хранении вещества, состоящего из мельчайших известковых гранул, в которых заключены частицы обезвреженных нефтемаслоотходов.

Продуктом утилизации нефтемаслоотходов, нефтешламов и санации нефтезагрязненных земель является материал, представляющий собой капсулированный, гидрофобный, практически нерастворимый в воде. Морозостойкий, непроницаемый, порошок, по ТУ 5716-004-11085815-2000 «Порошок минеральный «ПУН». Продукт утилизации нефтемаслоотходов» и заключению ГосНИИ «РосДорНИИ» может использоваться в качестве минеральной добавки для приготовления асфальто-бетонных смесей по ГОСТ 9128, а также в качестве инертного и гидрофобного материала в конструкциях дорожных одежд (гидро- и теплоизоляционных слоев) для дорог не выше II категории и для устройства земляного полотна в качестве нижних слоев оснований местных дорог, а также устройства площадок для стоянок техники, строительства внутриплощадных дорог, очистных сооружений и др.

Работы по санации нефтезагрязненных грунтов проводятся непосредственно на месте загрязнения путем вспашки, внесения препарата и механического перемешивания.

Работы по обезвреживанию и герметизации жидких и пастообразных нефтемаслоотходов могут проводиться непосредственно на промышленных предприятиях с утилизацией отходов в передвижной установке или в пункте утилизации в специальных передвижных или стационарных смесителях. В качестве смесителей могут быть использованы передвижные или стационарные установки, выпускаемые в Курском институте экологической безопасности.

Для сбора загрязняющих веществ с водных поверхностей и почвы используют сорбент «Лесорб-экстра». «Лесорб-экстра» полностью сорбирует нефтяные и масляные загрязнения с водных поверхностей, затем легко собирается и удаляется.

Сорбент Лесорб, который изготовлен из экологически чистых природных органических материалов, используется для сорбции углеводородсодержащих и других жидких веществ на твердых и водных поверхностях. Сорбционная емкость составляет 8-15 г/г. Сорбент нетоксичен и опасности для обслуживающего персонала и окружающей среды не представляет и не требует применения спецсредств индивидуальной защиты обслуживающего персонала. Сорбент гидрофобизирован и сохраняет плавучесть на протяжении не менее 72 часов, ускоряет рекультивацию нефтезагрязненных почв и может применяться как один, так и в комплексе с

биопрепаратами.

В нашей стране в качестве сорбентов используются некоторые природные и промышленные материалы, которые в наибольшей степени соответствуют безопасным и экологическим требованиям.

Статическая емкость некоторых природных и промышленных материалов по нефтепродуктам, кг/кг

Глина.....	0,76 – 1,59
Кварцевый песок.....	0,3
Перлит и вермикулит.....	5-7
Древесная стружка, опилки.....	2-3
Минеральная вата.....	7,85
Вулканическое стекло.....	5,25
Очес полушерстяной.....	12,9
Лавсан 1400.....	8,3
Капрон непрессованный.....	8,92
Полипропилен (волокно).....	6,13
Капрон.....	1,88
Нитрон 1500.....	6,13
Торф гранулированный.....	1,27
Торф сфагновый.....	5,2
Цеолит природный.....	0,5
Уголь бурый гуминовый.....	0,8-1,2

Они являются, как правило, органической частью существующих экосистем, поэтому сорбенты на их основе в наибольшей степени соответствуют экологическим требованиям.

В этих условиях для сбора и утилизации нефтепродуктов и максимально возможной рекультивации пострадавшей почвы можно применять только недорогие, легко транспортируемые средства или готовить их на месте.

Сейчас в мире при ликвидации разливов нефти предлагается использовать около двух сотен сорбентов, которые можно классифицировать по разным признакам (табл. 2)

Сбор использованного сорбента может проводиться вручную, механическими приспособлениями (щетки, скребки и т.п., а также с помощью пневматических установок. Использование сорбента можно утили-

зировать путем сжигания или брикетирования. Нефтеемкость на единицу массы различных органических сорбентов составляет от 4,5 до 11.

В последние годы в России стали производиться сорбенты «Сорбест», «РС», «Сибсорбент» и др.

Отечественными специалистами разработаны также сорбенты со специальными свойствами: биологически активные («Биосорб»), магнитные («Сорбест-Б»), содержащие реагенты-сгустители нефти («Лидиойл») и др. Развивается также отечественное производство углеродных сорбентов, например вспененных графитов, активных углей из различного природного сырья.

Таблица 2 – Классификация нефтяных сорбентов

По исходному сырью				
неорганические		органические		
из естественных материалов (песок, глины и т.п.)	из искусственных неорганических материалов (перлит, керамзит, силикателит и т.п.)	Органоминеральные (сапропель, сланцы нефтешламы)	из каустобиолитов (торф, уголь, графит и т.п.)	из природного сырья растительного и животного происхождения и отходов их переработки (мох, листья, кора, опилки, сено, солома, шелуха зерновых, макулатура)
Синтетические (полипропилен, полиуретан, тефлон, фенолформальдегидные пенопласты)				
по дисперсности				
дисперсные		формованные		
мелкодисперсные (порошки)	крупнодисперсные (крошка, гранулы, хлопья)	Волокнистые (тканые и нетканые рулонные материалы, салфетки, маты)	прессованные (плиты)	Комбинированные (сорбирующие бобы, полудушки, маты с оболочкой из проницаемого материала)
по характеру смачивания водой				
Гидрофильные (статический угол смачивания < 90°)		Безразличного смачивания (статический угол смачивания = 90°)		Гидрофобные (статический угол смачивания > 90°)
по плавучести				
Высокой плавучести (>72ч)		Ограниченной плавучести (3-72ч)		Неплавучие (до 3 ч)
по пористой структуре				

непористые (песок, се- ра)		крупнопористые (радиус кривизны пор >200 нм: керамзит, перлит, сор- бенты, кирпичная крош- ка)		мезопористые (радиус кривизны пор 1,5 – 200 нм: диатомитовые гли- ны, силикагель)		мелкопористые (радиус кривизны пор < 1,5 нм: активные угли из кос- точковых)		гетеропористые (радиус кривизны пор изменяе- тся в широком диапазоне: сорбенты из торфа, дре- весины)		
С изотропной пористостью (минеральные сорбенты, сорбенты из угля, графита, нефтяных остатков, вспененные синтети- ческие сорбенты)					С анизотропной пористостью (сорбенты из волокнистых синтетических или природ- ных материалов)					
по специальным свойствам										
магнитные		набухающие в нефтепродуктах		содержащие ПАВ- диспергаторы неф- ти		содержащие реа- генты-стимуляторы нефти		Содержащие мик- робиологические культуры для био- разложения нефти		Иные (переменной плотности, ионо- обменные и т.п.)
по назначению										
наносимые на поверхность для удаления поверхностных загрязнений воды и почвы					загружаемые в фильтры для удаления объемных загрязнений воды					
по преимущественному способу утилизации										
отжим неф- тепродукта		биоразло- жение		сжигание		термическая отгонка сорбата		отмывка сорбата рас- творителя- ми		регенерация

**Статическая емкость по нефти сорбентов, полученных по тех-
нологии «Сорбест» из различного сырья, кг/кг**

Древесные опилки.....	4,5-8,5
Опавшая листва.....	8-9
Отходы переработки трав.....	4-6,5
Торф.....	8-10
Рисовая шелуха.....	6-10
Хлопковые отходы.....	6-30
Пеньковолокно.....	10-13
Лузга подсолнечника.....	6-8
Макулатура.....	8-9,5
Кукурузные початки (отходы).....	5-7

В России существуют собственные технологии производства неф-
тяных сорбентов из местного сырья и отходов, причем эти технологии и
производимые сорбенты не уступают зарубежным, а в ряде случаев и
превосходят их. При этом стоимость продукции намного ниже. Тем не
менее реализация отечественных технологий и сорбентов сталкивается с

большими трудностями, несмотря на остроту экологической ситуации с нефтяными разливами.

Это объясняется тем, что в России пока отсутствует как таковой рынок сорбентов для удаления нефтяных разливов. Потребность в сорбентах,

нарушение герметичности нефте- и продуктопроводов, оборудования скважин; недостаточно очищенные выбросы в воздух и сбросы сточных вод. Эти загрязнения отрицательно воздействуют на работников, ухудшает здоровье, приводит к снижению общей резистентности организма и ослаблению защитных факторов. Наибольшей токсичностью для работников обладают углеводороды, соединения серы, а также бензил-(о)-пирен. При длительном контакте с этими загрязнителями выявляется стойкое нарушение функции жизненно важных органов.

Нефть и продукты ее переработки превратились в самое распространенное загрязняющее вещество и оказывающее самое отрицательное воздействие на работников агропромышленного комплекса и живую природу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экологическая безопасность применения нефтепродуктов в сельскохозяйственном производстве /СВ. Пирогов, А.П.Лапин, Н.Н. Бобков и др.- Брянск, 2003.-592 с.
2. Титов В.Е., Краспова Г.С. Влияние производственной среды деятельности нефтегазодобывающих предприятия Самарской области на окружающую среду и организм человека. - Интервал: 2001.-№1.-с.20-22
3. Hanby J.D., Deicoll J.N. Analysis of fuel contaminated goils and water with a new field spectrosc.: Atlanta, Ga, March, 8-12 th. 1993.
4. В. Гузев, Г. Сенецкий и др.. Роль почвенной микробиоты в рекультивации загрязненных почв. – М.: МГУ, 1989. - 42с.

Лапин Алексей Павлович

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор кафедры «Сервис и ремонт машин»
Тел. +7 (4862) 41-98-77; e-mail: tmsi@ostu.ru

Новиков Александр Николаевна

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Сервис и ремонт машин»
Тел. +7 (4862) 41-98-77; e-mail: tmsi@ostu.ru

Глухов Александр Анатольевич.

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Аспирант

Садыков Раджаб Рустамович

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Ассистент кафедры «Сервис и ремонт машин»
Тел. +7 (4862) 41-98-77; e-mail: tmsi@ostu.ru

А.П. ТРЯСЦИН

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ РИСКА ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Признанной методологией управления сложными объектами и процессами, когда решаемая проблема содержит элементы как количественного, так и качественного характера, является системный подход. Развитие системных представлений характеризуется постепенным переходом от простого к сложному – от структурных понятий к методам функционирования, которые определяют эффективность систем.

Ключевые слова: системный подход; методологические особенности; моносистема; полисистема; функциональная модель.

The system approach is the recognized system of methods for the control of complex objects and processes when the problem to be solved contains elements of both qualitative and quantitative character. The development of system ideas is characterized with a gradual transition from the simple to the complicated – from structural ideas to the methods of functioning which define the effectiveness of systems.

Keywords: system approach, methodological peculiarities, mono-system, poly-system, functional model.

Для количественного и качественного анализа опасностей технических объектов широкое распространение получила система «человек – машина – среда» (Ч-М-С), которая представляет собой единый комплекс, предназначенный для выполнения определенных функций. Система Ч-М-С объединяет в себе технические средства, людей и окружающую среду, взаимодействующие друг с другом. Основными компонентами такой системы являются человек, машина, среда, а сложные процессы, происходящие между основными компонентами, нуждаются в управлении.

При рассмотрении безопасности технологических процессов, протекающие с использованием автомобильного транспорта, система Ч-М-С также нашла свое отражение во многих исследованиях. Однако следует отметить, что большинство исследователей системы Ч-М-С представляют ее как моносистему, в которой взаимодействует отдельно взятый человек с отдельно взятой машиной в определенной среде.

В свою очередь большинство технологических процессов на автомобильном транспорте являются полисистемами, т.е. системами, в состав которых входит коллектив и взаимодействующие с ним технические средства.

Таким образом, в более общем виде под системой Ч-М-С следует понимать некую совокупность моносистем, объединенных между собой в соответствии с протекающими технологическими процессами, а вопрос безопасности системы определяется технологической безопасностью.

Технологическому процессу перевозки опасных грузов, как и любой технической системе также присущи эти свойства. При этом следует отметить, одну характерную особенность – опасный груз в силу присущих ему особенностей выступает самостоятельным источником опасности и должен быть рассмотрен как отдельный элемент системы. Таким образом, систему Ч-М-С при рассмотрении технологического процесса

перевозки опасных грузов представляется целесообразным дополнить еще одним элементом – грузом, вместе с которым будет образована новая система «человек – машина – среда – груз» (Ч-М-С-Г).

Исходя из выше сказанного при разработке проблем риска и технологической безопасности перевозки опасного груза самое пристальное внимание должно быть уделено системному подходу и учету факторов, влияющих на показатели риска – анализ риска. Анализ риска при перевозке опасных грузов может быть определен как процесс идентификации опасностей и оценки риска для людей, участвующих или не участвующих в технологическом процессе, транспортных средств, грузов, сооружений, окружающей природной среды, а также других объектов.

Процесс зарождения и развития риска складывается под влиянием, различных факторов и условий, определяемых системой Ч – М – С – Г. Функциональная модель развития риска при перевозке опасных грузов, представлена в виде схемы, рис. 1

Анализ функциональной модели позволяет выявить первопричины риска, заключенные в свойствах элементов системы. Вследствие возможности возникновения этих причин, технологический процесс перевозки опасных грузов находится в неустойчивом состоянии, т.е. риск является неизбежным фактором.

Результаты анализа риска используются для принятия обоснованных решений по выбору безопасной технологии перевозки. Сложность анализа риска в транспортных системах обусловлена в первую очередь тем, что аварийная ситуация потенциально может возникнуть в любой точке маршрута, при этом одинаковые события могут привести к совершенно разным последствиям. Анализ риска в этом случае может быть определен как процесс решения ряда задач: идентификация опасностей в системе; анализ вероятности распределения опасности в пространстве; анализ частоты с разбивкой по причинам; анализ последствий.

Под риском перевозки опасных грузов следует понимать ожидаемую частоту или вероятность возникновения опасностей определенного характера, или размер возможного ущерба (потери или вред, связанные с ранениями или гибелью людей, потери технико-экономического характера, экологический ущерб от аварий с опасными грузами или комбинацию этих величин.

Процесс зарождения и развития риска складывается под влиянием, различных факторов и условий, определяемых системой Ч – М – С – Г. Анализ системы позволяет выявить первопричины риска, заключенные в свойствах элементов системы. Вследствие возможности возникновения этих причин, технологический процесс перевозки опасных грузов находится в неустойчивом состоянии, т.е. риск является неизбежным фактором.

Основным этапом анализа риска является идентификация опасностей. Идентификация опасностей при перевозке опасных грузов имеет свою, ярко выраженную специфику, обусловленную следующими факторами. С одной стороны риск определяется свойства перевозимого опасного груза (возможна группировка по грузам, обладающим аналогичными свойствами), с другой стороны риск во многом зависит от характера маршрута перевозки (объекты через которые проходит маршрут) и, наконец, используемой технологии транспортного процесса.

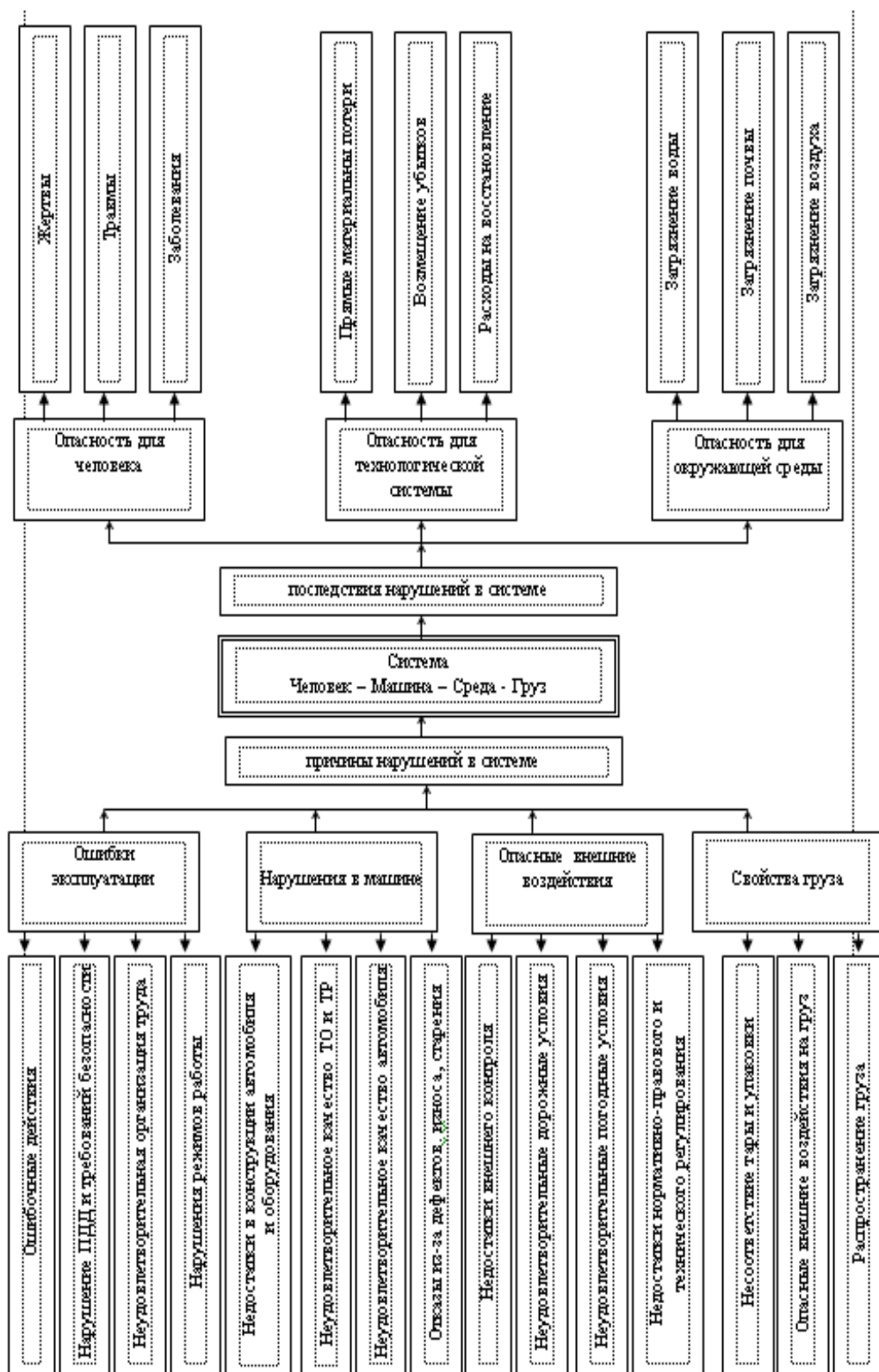


Рисунок 1 – Функциональная модель развития риска при перевозке опасных грузов

Следовательно, этапом, предшествующим идентификации опасности должно стать четкое и однозначное определение объектов анализа, их группировка, а при необходимости разбивка на отдельные элементы. Результатом идентификации должно стать выявление и четкое описание всех присущих данной системе опасностей.

Анализ риска тесно связан с его оценкой. Под оценкой риска традиционно понимают процесс определения величины риска анализируемой опасности для человека, материальных ценностей и окружающей среды. При оценке риска технологического процесса перевозки опасных грузов представляется целесообразным выделить анализ опасности для жизни и здоровья людей, рассматривая отдельно человека, участвующего в технологическом процессе и попавшего в опасную зону случайно.

В результате проведения анализа должны быть получены данные о частоте риска и их последствиях. Большим недостатком существующих методик оценки риска является то, что вероятность возникновения события, рассматривается в отрыве от возможных последствий. Это обстоятельство часто не позволяет получить объективную информацию о степени опасности того или иного груза, груз оказывается «оторванным» от конкретного маршрута и технологии.

Количественно риск при перевозке опасных грузов обычно оценивают как вероятность возникновения нежелательного события (инцидента). В теории риска также нашел применение такой показатель величины риска как математическое ожидание величины нежелательных последствий. Применительно к оценке риска при перевозке опасных грузов и в первую очередь оценки степени опасности конкретного вида груза, использование этого показателя представляется более рациональным. При этом следует признать, что определение математического ожидания ущерба от перевозки опасного груза потребует нового подхода к формированию информационной базы. Таким образом, принимая во внимание все возможные виды опасных происшествий, вызванные нарушениями в системе Ч – М – С – Г и количественную оценку риска, математическое ожидание величины ущерба будет определено по следующей зависимости:

$$R_{\bar{A}} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot U_i, \quad (1)$$

где P_i – вероятность возникновения i -го опасного события в системе Ч – М – С – Г;

U_i – величина ущерба при i -ом событии.

Следует отметить, что особенностью большинства технологических процессов, связанных с использованием автомобилей, является отсутствие четко выраженных, постоянных по времени и месту проведения технологических операций. В этих условиях оценка риска всей системы представляется сложной, а зачастую трудно выполнимой задачей. В свою очередь любой технологический процесс можно представить в виде от-

дельных, базовых технологических блоков, которые предлагаем рассматривать как основной элемент системного анализа. И проводить оценку риска применительно к этим блокам.

Под «базовым технологическим блоком» (БТБ) следует понимать совокупность технологических операций, объединенных единством выполняемой части технологического процесса общими целями и направленностью, общей информационной средой, обладающих признаками самостоятельного процесса и имеющих одну или несколько доминирующих (базовых) опасностей.

Одним из признаков базового технологического блока является доминирующая опасность. Установлено, что в рамках БТБ можно выделить ряд опасностей, являющихся доминирующими. На основании выше изложенного можно выдвинуть гипотезу, что доминирующей опасности соответствует несколько технологий, обеспечивающих максимальную безопасность. При этом можно выделить одну – базовую технологию, которая в наибольшей степени отвечает конкретным условиям безопасности и реализуется при минимальных затратах. Данное положение не исключает применение других технологических процессов с более высокими затратами на их реализацию.

После выявления доминирующей опасности на основании выдвинутой гипотезы решается задача выбора базовой технологии в зависимости от основных параметров, характеризующих опасные свойства системы. При решении этой задачи множество источников опасности заключенных в системе разбивалось на некоторое число непересекающихся множеств. Технологические процессы характеризуются совокупностью значений параметров различных элементов структуры БТБ.

Общая целевая задача сводится к определению степени соответствия технологии базовой безопасности. При решении задачи определяется некоторая функция, отражающая степень принадлежности анализируемой опасности к заданным классам технологических процессов, причем сумма величин функций, характеризующих степень принадлежности к каждому классу технологий, равна 1. Таким образом, происходит ранжирование технологических процессов в зависимости от степени их применимости для конкретного вида опасности.

Постановка задачи сводится к нахождению функции f_i , характеризующей степень принадлежности базовой опасности $q \in G$ к классу G_i , определенному конкретной технологией.

$$f_i : X_1 X_2 \times \dots \times X_m \rightarrow [0,1] \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{i=k} f_i(x_1, x_2, \dots, x_m) = 1 \quad (3)$$

где X_m – множество значений определяющих i -й параметр базовой опасности

x_m – значения параметров безопасности.

При нахождении функции степени принадлежности определяется

«расстояние» ρ от исследуемой базовой опасности до множества опасностей, принадлежащих G_i классу технологических процессов.

$$\rho = \min \sum \sigma_i (x_i - x_{i,k}) \quad (4)$$

Коэффициент σ_i обеспечивает приведение параметров (x_i) к единому, условному масштабу. Значимость параметров определяется уровнем опасности соответствующих параметров.

Определенную сложность представляет выявление доминирующей опасности в БТБ, при этом нельзя для каждого блока рекомендовать некие универсальные методы. Анализ существующих подходов позволяет предложить четыре наиболее приемлемых метода: анализ производственного травматизма; энергетический метод; количественный анализ опасности; метод экспертных оценок, рис.2.

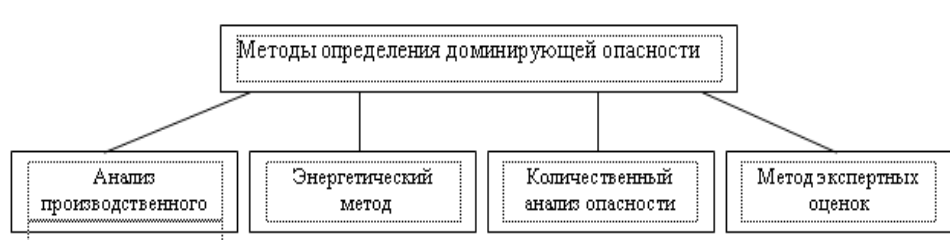


Рисунок 2 – Методы определения доминирующей опасности

Наиболее объективным методом, позволяющим выявить доминирующую опасность, является анализ производственного травматизма. Данный метод базируется на статистических данных об источниках и причинах несчастных случаев за определенный период при проведении работ, соответствующих технологическому процессу БТБ. Недостатками метода является сложность сбора и обработки статистической базы, а также невозможность его использования для вновь разрабатываемых технологий.

Энергетический метод основан на выявлении максимального количества энергии, заключенного в системе, при высвобождении которой можно ожидать максимальной тяжести последствий. Этот метод применим для технологических процессов, в которых можно однозначно определить количество заключенной в системе различных видов энергии (кинетическая, тепловая, электрическая, химическая, энергия взрыва и др.).

Количественный метод анализа опасностей включает в себя предварительный анализ, анализ последствий отказов, анализ опасностей с помощью дерева причин, анализ опасностей методом потенциальных отклонений, анализ ошибок персонала, причинно-следственный анализ. Количественный метод анализа опасностей позволяет достаточно точно определить опасности, выявить их причины и последствия, но при этом остается самым трудоемким и мало приемлемым для БТБ, имеющих сложную многоуровневую структуру.

Метод экспертных оценок находит достаточно широкое распространение благодаря его относительной простоте и доступности. Основ-

ным недостатком метода является субъективный подход экспертов, что при анализе опасностей часто недопустимо. Метод экспертных оценок может быть использован совместно с другими методами при недостаточной информационной базе.

Таким образом, технологический процесс может быть представлен в виде последовательно или параллельно протекающих «базовых технологических блоков», каждый из которых характеризуется доминирующей опасностью, рис. 2



Рисунок 3 – Пример технологического процесса

При рассмотрении взаимодействия технологических блоков большое значение имеет характер их взаимодействия. Так, последовательное взаимодействие блоков соответствует поочередно выполняемым действиям. БТБ как правило в этом случае совместимы без доработки или с минимальной доработкой. Определенную сложность представляет обеспечение взаимодействия параллельно протекающих БТБ. Такое соединение соответствует технологическим процессам, усугубленным дополнительными опасностями таким например как перевозка опасных грузов. Для таких БТБ обычно требуется существенная доработка или разработка нового БТБ, обобщающего параметры исходных блоков. Процесс разработки схемы взаимодействия блоков представлен в виде алгоритма, рис.3

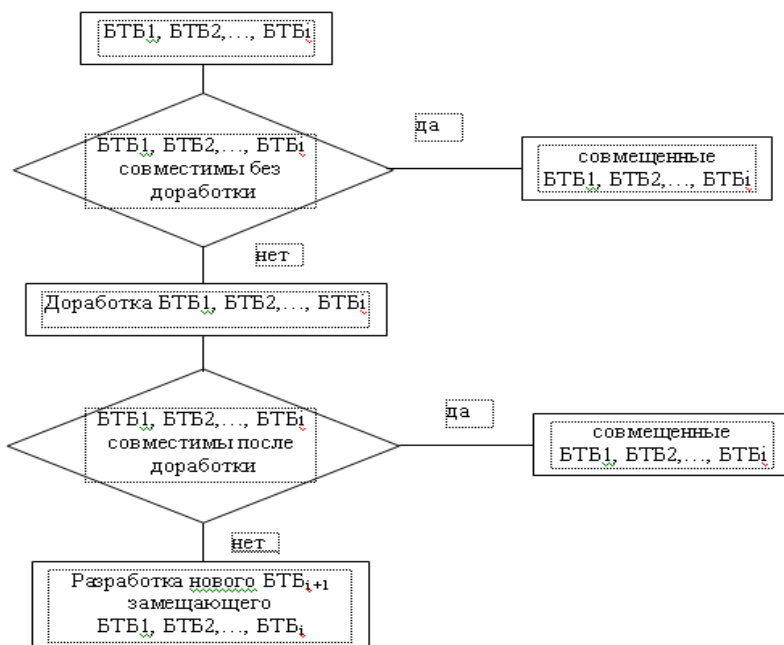


Рисунок 4 – Алгоритм разработки схемы взаимодействия БТБ в технологическом процессе

После того как БТБ будут объединены в законченный технологический процесс, следует разработать мероприятия, направленные на устранение опасностей, не являющихся доминирующими.

Таким образом, базовый технологический блок, можно рассматривать как основной элемент системного анализа для оценки риска. Обеспечение безопасности каждого отдельно взятого блока позволит добиться максимальной безопасности всего технологического процесса. Предложенная методика позволяет выработать универсальные подходы к обеспечению безопасности, обосновать требования к машине, обеспечить подготовку водителей в рамках базовых технологических блоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности [Текст] / С.В. Белов, А.В. Ильицкая, А.Ф. Кобяков и др. - М.: Высшая школа, 1999. – 448с.
3. Надежность технических систем и техногенный риск / Электронное учебное пособие [Электронный ресурс] / <http://www.mchs.emermos.ru>

Трящин Антон Павлович

Орловский государственный технический университет, Россия г. Орел

Кандидат технических наук, доцент

ОБРАЗОВАНИЕ И КАДРЫ

УДК 74.584.31

Г.В. БУКАЛОВА, А.Н. НОВИКОВ

ПРОБЛЕМА НОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Авторами раскрываются педагогические аспекты использования неклассического социально-образовательного феномена – компетентностной модели выпускника вуза в качестве средства, отражающего норму результата профессионального образования. Вновь касаясь проблемы организации компетентно-ориентированного образования, авторы обосновывают возможность достижения согласованности целей образовательной системы вуза с целевыми установками сферы производства относительно формирования ее трудовых ресурсов.

Ключевые слова: компетентностная модель; технократическое явление; Полисемантическая сущность; компрессивность; детерминированность; индивидуальная интерпретация.

The authors show pedagogical aspects of use of non-classical social-educational phenomenon – the competence model of a higher school graduating student as a tool reflecting a standard of a result of professional education. Again touching the problem of organization of profession-directed education, the authors substantiate the possibility of agreement approaching in purposes of an educational system of a higher school with purposeful definitions of a production sphere with regard to the formation of its labour resources.

Keywords: competence model, technocratic phenomenon, poly-semantic essence, compressibility, determination, individual interpretation.

Актуальность привлечения процедуры нормирования в сферу инженерного образования обуславливается наблюдаемой в настоящее время сменой стихийно самоорганизующегося профессионального образования на образование проектного типа. Признание современным академическим сообществом приоритетности компетентно-ориентированного образования выдвигает проблему нормирования его результата в терминах «компетентность» и «компетенции».

Системообразующую функцию процесса подготовки выпускника вуза выполняют образовательные цели[1]. Именно они определяют основную методологическую направленность образовательного процесса и связывают воедино все его компоненты. Понимание того, что цели функционирования системы профессиональной подготовки в области автотранспортного производства формируются вне этой системы, что они исходят из производственной сферы автотранспортного комплекса и общегосударственных социально-экономических тенденций формирования трудовых ресурсов выявляет проблему адекватного нормирования результата профессионального образования. Средством достижения согласованности указанных целей может выступать компетентностная модель выпускника вуза, как описательный аналог компетентности моло-

дого специалиста. Отсюда, как очевидное, следует возможность отнесения ее не к технократическому, а к социально-педагогическому явлению.

Соответственно, компетентностная модель может использоваться как значимый элемент процесса проектирования результата профессионального образования и определения проблемного поля моделируемой профессиональной деятельности. Это, в свою очередь, составляет основу для выявления *совокупности компетенций*, отражаемых *компетентностной моделью выпускника вуза*. Компетенции в сфере автотранспортного производства можно трактовать как совокупность знаний, умений, навыков, способностей, которые необходимы для осуществления определенных профессиональных функций [2]. Такая концептуальная позиция дает возможность посредством функционального анализа профессиональной деятельности выявить комплекс компетенций, охватывающих весь функционал должности или группы должностей, обычно занимаемых выпускниками вуза по данной специальности (направлению) в первые годы работы на производстве.

Компетенции – это обобщенные способы действий, обеспечивающие эффективное выполнение профессиональной деятельности; это способность работника на практике реализовать свою компетентность. Следовательно, сущность компетентности инженера во многом определяется операционально-технологическими компонентами, т.е. совокупностью способов действий, основу которых составляют деятельностные способности. Однако, следует заметить, что кроме процедурных (деятельностных) знаний, умений, навыков и способностей необходимой в структуре *компетентности* инженера автотранспортного профиля является и эмоционально-волевая составляющая, обуславливающая продуктивное поведение работника при выполнении производственных функций. Другими словами, профессиональной компетентности соответствуют также поведенческие признаки, которые должны быть зафиксированы в компетентностной модели специалиста в виде определенных компетенций, описывающих духовно-нравственные качества выпускника вуза.

Существенные признаки компетентностной модели выпускника вуза могут быть представлены следующими категориями:

- норма – категория, отражающая социально-образовательное регулятивное воздействие посредством механизма функционирования и изменения;
- результат образования – категория, представляющая проектную направленность компетентностной модели на образовательно-оценочные процедуры;
- условия – категория, отражающая ресурсную структуру образовательного процесса;
- цель – категория, представляющая ценностно-смысловую направленность компетентностной модели.

Таким образом, компетентностная модель выпускника вуза раскрывает сущностную определенность результата профессионального образования. Продуктивным при этом представляется переход от понимания ее как *декларации идеала* к пониманию *нормозадающего документа*

качества профессиональной подготовки будущего инженера. Таким образом, проявляется полисемантическая сущность компетентностной модели как системного социально-педагогического феномена.

Стремление перевода теоретического знания о профессиональной компетентности выпускника вуза технического профиля в знание практикоориентированное, требует представления компетентностной модели не как технократической нормы, а как нормы социальной, специфической и для образовательного, и для производственного процессов.

Субстанцию любой социальной нормы составляют общественные отношения [3]. Компетентностная модель выпускника вуза обуславливает ряд социальных функций реализуемых соответствующим образом и в образовательном, и в производственном процессе: функции проектирования, оценки, управление.

Компетентностная модель как социальная норма, специально создаваемая для формирования и поддержания определенных социальных функций, несет в себе конкретные нормообразы социальных отношений и поведения инженера. Эти нормообразы, имеющие принципиально идеальный характер, ориентированы на формирование в производственной среде нормативных социальных ситуаций, что указывает на информационную сущность компетентностной модели как нормы результата профессионального образования.

В производственной системе выделяют два вида управления: тактическое (оперативное), ориентированное на изменения в короткие промежутки времени и стратегическое управление, направленное на сохранение функционирования предприятия за счет обеспечения нормативного протекания и эффективного развития основных производственных процессов [3]. Особой формой стратегического управления является нормативное управление. Это указывает на один из аспектов значимости компетентностной модели специалиста (пусть даже молодого специалиста) для системы стратегического управления трудовыми ресурсами предприятия, в силу того, что она поддерживает возможность формирования и сохранения качественной специфики социальной системы предприятия (в определенной мере охраняя ее от внутренней дезориентации).

Понимание компетентностной модели, как специфической социальной нормы, задает ее диагностическую направленность. В связи с этим возможна актуализация компетентностной модели как основы для диагностирования результатов профессионального образования (в условиях образовательного учреждения) и в ходе процедур организации аттестации персонала (в производственных условиях).

Содержание компетентностной модели обосновывает ее информационную природу. Информация, заключенная в ней обладает свойством компрессивности, т. е. она сжата, уплотнена. На очевидность информационной природы компетентностной модели указывает основная цель ее создания – хранение и передача информации, представленной в виде описания знаковыми логико-лексическими средствами. Предполагается, что эта информация должна быть «действующей», влияющей на формирование желаемых результатов социально-образовательного процесса. Рас-

смотрение какой-либо социальной нормы всегда связано с проблемой преодоления потенциальной бесконечности объекта нормирования. Представление же компетентностной модели, как модели информационной, оправдывает минимизацию ее содержания. Ведь модель в информационном отношении - лишь приближенное подобие оригинала. Поэтому стремление к расширенному содержанию компетентностной модели представляется методологически неоправданным, создающим для нее угрозу остаться лишь фрагментом образовательной программы. Оптимизация компетентностной модели предполагает установление границ объекта моделирования, определения модельных переменных (управляемых и неуправляемых, наблюдаемых и ненаблюдаемых). Другими словами, разработка компетентностной модели в своей основе должна иметь методы моделирования как научного феномена. С другой стороны, компетентностная модель как социальная норма, предполагает системное введение ее в образовательную практику в соответствии с принципами функционирования социальных норм. Следование указанным требованиям предотвращает опасность внесения в образовательный процесс (посредством внедрения компетентностной модели) бюрократического насилия, препятствующего прогрессивным изменениям образовательной среды в соответствии с динамичными изменениями среды социально-производственной.

Представление компетентностной модели как комплекса характеристик выпускника вуза, обеспечивающих его эффективную производственную деятельность, выявляет ее рациональность в управленческом смысле. Основу управленческой функции компетентностной модели составляет ее существенная связь с основной образовательной программой подготовки по данной специальности (направлению). Назначение основной образовательной программы - обеспечение реализации целей, определяемых компетентностной моделью, что также указывает на ее управленческий характер. При этом необходимо отметить важность достаточности параметров нормируемых компетентностной моделью для устойчивого управления образовательной системой подготовки по данной специальности (направлению). В противном случае - возникает угроза потери управляемости этой системой. Следовательно, компетентностная модель должна содержать все существенные параметры данной образовательной системы, представляющие «результат» образования и обуславливающие его «процесс» [2]. Это является важным условием для достижения оптимальности содержания образовательной программы и условием обеспечения целостности образовательного процесса подготовки по данному направлению (специальности).

Опережающий характер профессионального образования указывает на необходимость ориентации компетентностной модели на «будущее». Учитывая требование релевантности образовательной программы образовательным целям, представляемым компетентностной моделью, можно сделать вывод о том, что образовательная программа должна отражать ближайшие перспективы развития автотранспортной отрасли, для которой ведется подготовка трудовых ресурсов. При этом, как очевидное, следует признать, что отражение точных характеристик возможного

развития данной сферы производства затруднительно[1]. Следовательно, также затруднительно и указание в компетентностной модели таких компетенций персонала, которые бы с высокой степенью конкретности отражали точную перспективу развития техники и технологии автотранспортного производства. Выход из указанного затруднения видится в применении к процессу взаимодействия компетентностной модели и основной образовательной программы *принципа дополнительности*, соответствующего теоретическим положениям стандартизации образования[1]. В соответствии с этим принципом недостаточная конкретизация компетентностной моделью образовательных целей может быть компенсирована более конкретной *детализацией характеристик* профессиональной подготовки представляемой образовательной программой. При этом необходимая коррекция управления образовательной системой подготовки по данной специальности (направлению) будет состоять в выявлении параметров подготовки выпускника вуза, которые целесообразно добавить в образовательную программу.

Образовательная программа профессиональной подготовки в вузе характеризуется многокомпонентной структурой. Один из этих компонентов - региональный, содержание которого во многом обуславливается компетентностной моделью. Этот факт ясно указывает на прямое управленческое воздействие компетентностной модели на образовательный процесс, т. к. образовательная программа подлежит *обязательной реализации* образовательным учреждением.

Вместе с этим нельзя не отметить особенность управленческого воздействия со стороны компетентностной модели, состоящую в некотором разделении («разнесении») этого воздействия по субъектам управления образовательным процессом: кафедрам, факультетам, участвующим в подготовке по данному направлению (специальности). Отсюда можно сделать вывод о том, что именно компетентностная модель во многом определяет необходимую системность и целостность профессиональной подготовки. А вместе с этим связана проблема корректного *распределения управленческого воздействия* компетентностной модели на элементы образовательного процесса, т.е. подготовку по отдельным учебным дисциплинам, курсам. Проблема состоит в сложности достижения оптимального сочетания особенностей учебных дисциплин и индивидуальных педагогических стилей преподавателей с требованиями компетентностной модели. Разрешению указанной проблемы может способствовать целесообразная степень *снижения детерминированности* компетентностной моделью нормируемых требований. Вероятно, это допустимо для нормативного документа системы образования в отличие от технического регламента. Другими словами, в определенных пределах представляется допустимой корректная в научном и методическом отношении *индивидуальная интерпретация* преподавателями-практиками требований компетентностной модели, в отношении видов учебной деятельности студентов, дисциплинарно-содержательных характеристик образовательного процесса, в возможном диапазоне уровней освоения элементов образовательной программы, шкал применяемых оценок успешности обучения.

Известно, что в условиях производства ценятся не только знания как таковые, но и способность молодого специалиста трансформировать их в производственную деятельность, обеспечивающую значимый результат. Установлено, что в качестве приоритетных требований к выпускникам вуза со стороны руководства автосервисных предприятий все яснее выделяются требования системно-организованных интеллектуальных, коммуникативных и моральных начал, составляющих основу успешной производственной деятельности [2]. Трудовая деятельность в условиях автообслуживающего предприятия связана с проблемными решениями и сложно организованными профессиональными действиями, а также высоким динамизмом эволюции стиля инженерной деятельности и мышления. В этих условиях именно компетентность работника предстает его наиболее важным персональным ресурсом. При этом под компетентностью понимается «интегративная характеристика качеств специалиста, имеющая процессуальную направленность, мотивационный аспект, базирующаяся на знаниях и проявляющаяся в деятельности» [1]. Компетентность объединяет готовность, способность и знания специалиста относительно ценностей, реализуемых волевыми импульсами – диспозиционными предпосылками целенаправленного поведения в условиях производства.

Признание компетентности как основной характеристики качества профессиональной подготовки, делает очевидным целесообразность использования *компетентностного подхода* при организации образовательного процесса. Но компетентностный подход вступает в противоречие с широко используемой в современной высшей школе традиционной дискретно-дисциплинарной моделью обучения, обуславливающей формальную разобщенность учебных дисциплин по кафедрам и факультетам вуза. Кроме этого, глубоко интегративный характер инженерной деятельности в сфере автообслуживающего производства обостряет указанное противоречие. Традиционный учебный план подготовки по специальности 190603 «Сервис транспортных и технологических машин и оборудования» далек от организации системного взаимодействия входящих в него десятков учебных дисциплин. Синтез представляемой в ходе учебного процесса информации стихийно возлагается на самих студентов. Но действительная интегративность профессиональной подготовки не может быть достигнута студентами самопроизвольно и стихийно, необходимо её целенаправленное формирование. Целенаправленное формирование профессиональной компетентности, т.е. целостных профессиональных знаний, интеллектуальных умений, профессионально значимых качеств личности требует применения при организации образовательного процесса *интегративного подхода*. Интегративный подход предполагает специальное выделение, системное структурирование и педагогическое интегрирование учебных дисциплин. При этом отбор блока учебных дисциплин осуществляется в соответствии с обоснованностью, определяемой общностью объективизации их содержания и принципом междисциплинарности. Системная структурированность учебного материала выражается в создании *взаимосвязанного комплекса* функционально соотнесен-

ных компонентов учебного материала, обеспечивающих целенаправленное формирование содержательно-связанных знаний, умений, навыков и способностей.

Для сферы автообслуживающего производства характерно динамичное возрастание объема научно-производственной информации. В соответствии с увеличением объема этого вида информации ширится и объем учебной информации, что вступает в противоречие с психическими возможностями ее запоминания большинства студентов. Структурированность же учебного материала, многоаспектность рассмотрения изучаемых объектов, рельефность междисциплинарных взаимосвязей - педагогическая интеграция значительно облегчает запоминание и превращение учебной информации в личностно значимое знание.

Педагогическая интеграция содержания образования требует выделения критериев, которые обеспечили бы оптимальность и целостность этого процесса. К таким критериям можно отнести адекватность форм учебных занятий и способов представления студентам интегрированного содержания изучаемого материала. Дидактическим продуктом педагогической интеграции может стать *интегративный учебный комплекс*, включающий элементы образовательного процесса, имеющие междисциплинарный характер: курс лекций, систему лабораторно-практических занятий, учебное проектирование, имеющие междисциплинарный характер.

Педагогическая интеграция, выражаемая в создании интегративного учебного комплекса, может быть реализована в соответствии со следующей ориентировочной основой действия.

1. Выделение блока родственных монодисциплин.
2. Анализ их содержания с целью определения сходных объектов и предметов изучения.
3. Расделение интегрируемых монодисциплин на элементарные составляющие - дескрипторы (элементы учебного материала, характеризующиеся семантической устойчивостью).
4. Выделение дескрипторов, относящихся к сходным объектам и предметам изучения.
5. Формирования из дескрипторов междисциплинарного учебного тезауруса, характеризующегося наличием взаимосвязанности учебного материала.
6. Составление рабочей программы междисциплинарной части лекционного курса взаимосвязанных монодисциплин.
7. Формирование междисциплинарного учебного комплекса:
 - выделение взаимосвязанных тем лекционных курсов интегрируемых монодисциплин;
 - определение элементов лабораторных работ и практических занятий, направленных на освоение студентами учебного материала междисциплинарного учебного тезауруса;
 - указание элементов учебного проектирования, имеющих междисциплинарный характер;

-назначение видов контрольных процедур и разработка соответствующих им дидактических материалов.

8. Формирование группы преподавателей, ведущих дисциплины, входящие в междисциплинарный учебный комплекс.

9. Определение конкретных компетенций выпускника вуза, формируемых в ходе освоения междисциплинарного учебного тезауруса.

Принцип целевой детерминации компетентностно-ориентированного образовательного процесса требует определение критериев, согласно которым предполагается осуществление педагогического интегрирования. На выпускающей кафедре «Сервис и ремонт машин» Орловского государственного технического университета в качестве таких критериев, обеспечивающих целостность и системность профессиональной подготовки, используются компетенции представленные в компетентностной модели профессиональной подготовки выпускника вуза по соответствующей специальности. Придание компетентностной модели статуса стандарта внутривузовской системы менеджмента качества создаст условия для использования ее как средство *системного управления качеством* образования.

Однако, интегративный подход к организации образовательного процесса на выпускающей кафедре, по мнению авторов, не должен вступать в оппозицию с исторически сложившимся традиционным дискретно-дисциплинарным подходом. Этот вид организации образовательного процесса вуза составляет основу его функционирования и, безусловно, в будущем сохранит свое базовое значение. В предлагаемой концепции совершенствования качества профессионального образования интегративный подход рассматривается как *дополняющий* по отношению к традиционному дискретно-дисциплинарному подходу организации образовательного процесса. В такой ситуации, когда один подход организации образовательного процесса является базой для другого, требуется введение некоего механизма их гармонизации. Таким третьим, гармонизирующим звеном, составляющим основу сосуществования и взаимодействия интегративного и традиционного подходов, определяющим доминантное преобразование в организации образовательного процесса выпускающей кафедры может стать компетентностный подход.

С позиции предлагаемой концепции педагогической интеграции факультет (институт) вуза, обеспечивающий подготовку по специальности, предстает состоящим не из набора структурных подразделений – кафедр, а из группы взаимосвязанных процессов, функционирующих с одной целью – формирования профессиональной компетентности выпускников вуза. При этом педагогическая интеграция дает уникальную возможность дефрагментировать процесс подготовки специалиста, т.е. “собрать” воедино то, что разнесено по отдельным кафедрам и факультетам; позволяет представить образовательную систему подготовки специалиста целиком, рассмотреть составляющие ее процессы как единое целое и при этом вывести контур исполнительного управления на передний план.

Таким образом, средством для повышения качества образования, условием формирования профессиональной компетентности выпускников

вуза может стать реализуемая в условиях выпускающей кафедры предлагаемая концепция педагогической интеграции, имеющая в своей основе компетентностную модель выпускника вуза по соответствующей специальности (направлению). При этом компетентностная модель выпускника вуза, выполняя роль информационного конструкта, отражающего образовательные цели адекватные потребностям производства, подобно «центру кристаллизации» «притягивает» оптимальные структурные, организационные, содержательные компоненты системы профессиональной подготовки по данному специальности (направлению). По отношению к образовательному процессу компетентностная модель выступает в качестве целевой ориентации. Задача же образовательной практики - обеспечить ее адекватную педагогическую интерпретацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байденко В.И. Выявление состава компетенций выпускников вузов как необходимый этап проектирования ГОС ВПО нового поколения. – М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006.
2. Букалова Г.В. Компетентностный подход к обеспечению качества подготовки специалиста: монография. – Орел: ОрелГТУ, 2009.
3. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении / Под ред. А.А. Емельянова. М.: Финансы и статистика, 2006.

Букалова Галина Васильевна

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Сервис и ремонт машин»
Тел. +7 (4862) 73-43-50, e-mail: astra10151@mail.ru

Новиков Александр Николаевич

Орловский государственный технический университет, г. Орел
Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Сервис и ремонт машин»
Тел. +7 (4862) 73-43-50, e-mail: astra10151@mail.ru

УДК 621.35.035

М.Б.ЛЕЩИНСКИЙ, В.В.МАРТЫНЕНКОВ

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ

Учебные лаборатории можно и нужно оснащать функциональными и интерактивными моделями, визуализирующими физические принципы, лежащие в основе технологического оборудования применяемого в разных отраслях материально производства, что позволит рациональнее использовать помещения и существенно снизить затраты на приобретение оснащения.

Ключевые слова: функциональная модель; интерактивная модель; объекты материального производства; турбулентный поток; лопастный винт.

School laboratories may be and must be equipped with functional and interactive models visualizing physical principles underlying the technological equipment used in various branches of material production, that allows the rational use of premises and reduce considerably costs for equipment to be installed.

Keywords: functional model, interactive model, objects of material production, turbulent flow, rotary propeller.

Качественная подготовка студентов к будущей инженерной деятельности в настоящее время возможна при опережающем развитии всех компонентов учебного процесса. Исходя из этой тенденции, необходимо усиливать функцию системы наглядных средств.

Спецификой многих технических предметов преподаваемых в высшей школе является привлечение широкого круга физических, математических, экономических и других знаний. Не обойтись здесь и без теории надежности, без знаний физики отказов, без изучения износов материалов и машин, без знаний теории ремонтпригодности машин.

В ходе исследований обычно проводится изучение не одного конкретного явления, а многих похожих явлений. При таком подходе многими подробностями пренебрегают. Для выявления закономерностей идут на упрощение, идеализацию, схематичность, и при этом изучают не само явление, а его модель.

Необходимость в моделировании возникает и тогда, когда реальные процессы или объекты недоступны по ряду объективных причин, например, велики массогабаритные их характеристики или стоимостные показатели.

Наиболее полно изучение различных физических принципов и их научного и прикладного использования возможно на действующих объектах. Такое оборудование можно проектировать и изготавливать даже в рамках студенческой научно – практической деятельности. Кроме этого необходимо не просто визуализировать процессы, а разрабатывать и создавать относительно малогабаритные установки.

Опишем вкратце некоторые из разработанных нами моделей, применяемых в учебном процессе в качестве лабораторных установок.

Очистка и мойка объектов материального производства - очень важная технологическая операция, оказывающая большое влияние на культуру производства и качество ремонта машин.

Выбор способа очистки во многом зависит от характера загрязнений, размеров, конфигурации деталей и мест их отложения, от требований, предъявляемых к качеству очистки, и экономических соображений, но главным фактором, определяющим выбор способа очистки, является вид загрязнения.

Загрязнения большинства деталей в целом можно условно подразделить на следующие виды: отложения не жирового происхождения (пыль, грязь, растительные остатки) и маслянисто-грязевые; остатки смазочных материалов; углеродистые отложения; накипи; коррозия; остатки лакокрасочных покрытий; технологические отложения в процессе ремонта и т.д.

В ремонтной практике распространение получили следующие способы очистки: *физико-химический, электрохимический, ультразвуковой, термический и механический.*

В учебном процессе затруднительно использовать промышленные образцы оборудования, на которых можно демонстрировать операции мойки и очистки деталей и агрегатов, поскольку они имеют большие габаритные размеры, массу, потребляемую мощность и высокую стоимость. Было принято решение создать лабораторную установку, на которой было бы возможно проводить демонстрацию элементов технологического процесса мойки и очистки, менять режимы и снимать их характеристики в условиях учебной лаборатории. Важными условиями в этом случае оказываются малые габариты, приемлемая стоимость и безопасность при работе установки.

В лабораторной установке совмещены несколько наиболее эффективных технологических операций мойки изделий (Рисунок 1).

Детали, подлежащие очистке, укладывают в корзину поворотного стола. В процессе очистки корзина с деталями погружена в моющий раствор ванны и омывается мощным турбулентным потоком раствора, создаваемым лопастным винтом. Для повышения эффективности очистки в ванну помещен излучатель ультразвука, получающий энергию от генератора. Лопастной винт приводится во вращение от электродвигателя (для плавного изменения частоты вращения которого, применен электронный регулятор). Для медленного поворота стола (~ 4 об/мин) использован мотор-редуктор. Моющий раствор подогревается до температуры 90 - 95°C электрическим тенем, который оснащен терморегулятором. Дополнительно для интенсификации процесса мойки имеется возможность использовать струйный насос.

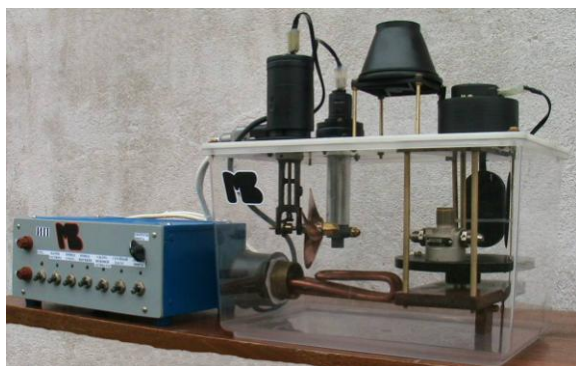


Рисунок 1- Лабораторная установка очистки и мойки объектов материального производства

Для изучения и совершенствования процессов, протекающих при газопламенной обработке различных материалов можно использовать явление горения водорода в кислородной среде. Водородно - кислородную смесь достаточно просто получать электролизом воды. Такая замена позволит отказаться от дорогостоящего, громоздкого баллонного хозяйства. Кроме того, немаловажным следует считать факт уменьшения загрязнения воздуха в лаборатории при экспериментах, так как конечным продуктом при сжигании водородно - кислородной смеси является вода.

Применяя принцип конверсии, можно использовать в качестве электролизера отработавшие свой ресурс никель - железные аккумуляторы. Были проведены соответствующие эксперименты и разработана такая конструкция (Рисунок 2).



Рисунок 2 - Электролизно – водный генератор

Старые аккумуляторы подвергаются небольшой доработке, а затем из отдельных банок собирается электролизер нужной производительности. Установка комплектуется регулируемым источником постоянного тока, водяным затвором - барботером и горелкой, которой при микро-мощных работах может служить медицинская игла.

Полученные результаты превзошли все ожидания. Такими установками можно даже комплектовать небольшие ремонтные мастерские,

цеха по изготовлению ювелирных изделий, оснащать ими зубопротезное производство.

Широкое распространение в настоящее время получил метод размерной обработки материалов при непосредственном использовании теплового эффекта электрической энергии - электроэрозионная обработка.

Электроэрозионная обработка основана на эффекте расплавления и испарения материала под воздействием импульсов электрической энергии. Эта энергия выделяется в канале разряда между поверхностью обрабатываемой детали и электродом-инструментом, погруженным в жидкую (неэлектропроводную) среду. Следующие друг за другом импульсные разряды производят плавление и испарение микропорций материала, частицы расплавленного материала выбрасываются из зоны обработки разрывающимся в канале разряда давлением и электрод - инструмент получает возможность внедряться в обрабатываемую деталь.

В учебном процессе затруднительно использовать промышленные образцы оборудования, на котором можно демонстрировать операции электроэрозионной обработки деталей. Была спроектирована и изготовлена лабораторная установка (Рисунок 3), на которой можно проводить демонстрацию элементов технологического процесса такой обработки, менять режимы и снимать их характеристики.

Лабораторная установка для электроэрозионной обработки имеет металлическую ванну с жидкостью, в которую погружается обрабатываемая деталь, соединяемая с положительным полюсом источника постоянного тока. Инструмент соединен с отрицательным полюсом и выполняет функцию катода. Он закреплен в ползуне, совершающем вертикальные перемещения в направляющих. При опускании электрода - инструмента и приближении его к поверхности детали между ними возникает электрический разряд, проскакивает искра. Сила тока, при этом может регулироваться. Для получения мощных импульсных разрядов, непрерывно следующих один за другим, в электрическую цепь параллельно детали и электроду-инструменту включена конденсаторная батарея.



Рисунок 3 - Лабораторная установка для электроискровой обработки

Задачи по восстановлению неподвижных сопряжений деталей, например посадочных поверхностей под подшипники, шкивы и другие можно решать с использованием технологии электромеханической обработки.

Сущность этого способа обработки деталей заключается в следующем. В зону контакта детали установленной в патроне токарного станка и инструменту, изолированно установленному в резцедержателе суппорта, через электроконтактное приспособление подводят ток от вторичной обмотки трансформатора.

Проходя через весьма малую площадь контакта, ток низкого напряжения и большой силы мгновенно нагревает металл в зоне контакта до высокой температуры (800 – 900 °С).

Под давлением инструмента происходит высадка (выпучивание) нагретого металла и диаметр детали увеличивается, а ее поверхность становится резьбообразной.

Введение дополнительного металла позволяет восстанавливать детали с износом более 0,35мм. Это делается следующим образом: деталь подвергают электромеханической высадке, затем приваривают дополнительный металл (стальную проволоку диаметром до 1мм) в полученную спиральную канавку и механически обрабатывают восстановленную поверхность. Нагрев осуществляется аналогично предыдущему варианту, но вместо инструмента используется ролик прижимающий проволоку к детали с усилием 400-600 Н.

Высокая производительность процесса (до 100 см²/мин покрытия толщиной до 1,0мм), небольшие потери присадочной проволоки, небольшая зона термического влияния (не превышает 0,3мм), возможность наплавки черных и цветных металлов при восстановлении деталей, изготовленных из сталей различных марок делает метод электромеханической обработки весьма перспективным в практике ремонта механизмов.

При проектировании лабораторной установки (Рисунок 4) использован настольный токарный станок МТВ-3000-SET, который был модернизирован. Для чего переделаны коробка скоростей станка, что дало возможность проводить обработку деталей с частотой вращения шпинделя 1об/мин, а подготавливать (активировать) поверхность при 130об/мин. Кроме того суппорт был оснащен динамометром позволяющим измерять усилие воздействия инструмента на деталь. Для подвода электрического тока к детали и инструменту были разработаны соответствующие элементы.

Питание установки от сети осуществляется через спроектированный и изготовленный силовой блок способный обеспечить ток от 50 до 1500А при напряжении до 6В в непрерывном и импульсном режиме.



Рисунок 4 - Установка для электромеханической обработки

Выше описанными и другими моделями оснащено в настоящее время несколько учебных лабораторий. Ведется подготовка интерактивных работ на их базе. Изготовленные установки позволяют функционально проводить лабораторные работы при подготовке студентов специальностей, связанных с обработкой металлов, эксплуатацией, ремонтом и реновацией механизмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабусенко С.М. Современные способы ремонта машин/ С.М. Бабусенко, В.А. Степанов. - М.: Колос, 1977.- 272с.
2. Корж В.Н. Обработка металлов водородно-кислородным пламенем / В.Н. Корж, С.Л. Дыхно. - К.: Техника, 1984.- 63с.
3. Артомонов Б.А. Размерная электрическая обработка металлов/ Б.А. Артомонов. - М.: Высшая школа, 1978.
4. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой/ Б.М. Аскинази. - Л.: Машиностроение, 1977.-184с.

Лещинский М.Б.

Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота, г. Калининград
Кандидат технических наук, доцент
Тел. +7 (4012) 95-76-18; E-mail: markbl@mail.ru

Мартыненко В.В. ведущий инженер

Негосударственное образовательное учреждение «ОНУТЦ» ОАО «Газпром», г. Калининград
Ведущий инженер
Тел. +7 (4012) 46-28-82; E-mail: V.Martynenkov@onutc.ru

Н.В. РОЖКОВА

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРЕПОДАВАНИЯ КУЛЬТУРОЛОГИИ У СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Одной из основополагающих черт современного высшего образования можно считать его комплексный характер, направленность на всестороннее развитие личности студента, аспиранта. Изучение гуманитарных дисциплин в вузах естественнонаучной и технической направленности вызывает дискуссии, что вполне объяснимо и закономерно. С одной стороны, учебная нагрузка часто является избыточной, что приводит к переутомлению обучаемых и снижению эффективности занятий. С другой стороны, общество осознало необходимость в специалистах технического профиля с высоким уровнем развитости гуманитарной культуры.

Ключевые слова: *культурология, гуманитарные дисциплины, преподавание, мотивация, постиндустриальное общество, антропогенный кризис, интегративный потенциал.*

One of the fundamental features of contemporary higher education can be considered its complex feature, direction to the comprehensive development of a student, post graduate student. The study of the humanities at higher education institutions of natural science and engineering directions causes discussions, which is quite natural and. On the one hand, the study load is often superfluous that results in students' overfatigue and decrease of classes effectiveness. On the other hand, the society realized the necessity in specialists of technical direction with a high level of humanitarian culture.

Keywords: *science of culture, the humanities, teaching, motivation, post-industrial society, antropogenic crisis, integrative potential.*

Необходимость преподавания культурологии обусловлена возрастающей ролью гуманитарного знания в современном обществе. В XX веке важнейшей тенденцией развития научной мысли стало активное взаимодействие точных, естественных и гуманитарных наук, проявляющееся в зарождении и активном росте синкретичных областей знания, попытках интеграции самых неожиданных по сочетаемости сфер научной деятельности. Поэтому преподавание культурологии, имеющей высочайший интегративный потенциал, отвечает запросам и требованиям времени.

Преподавание гуманитарных дисциплин в вузах технического профиля связано с целым комплексом проблем, о которых пишет в своей статье кандидат философских наук И.Л. Морозов. Оценивая долю учебного времени, отведённого на социально-гуманитарный цикл и место этих дисциплин в учебных планах (часто это курсы по выбору или курсы, переведённые в состав регионального компонента), автор приходит к неутешительному выводу: «Если гуманитарную компоненту убрать из системы российского высшего технического образования, возникшую лакуну заполнить будет нечем и через несколько лет страна получит массу рабочей силы, более-менее приемлемо «натасканной» на выполнение рудиментарных технологических функций в рамках производственного про-

цесса, но не способную к гармоничному встраиванию в цивилизованную социосистему, не способную к развитию и модернизации государства». [1] Действительно, реализация чисто технократического подхода в обсуждаемых сегодня новых Государственных стандартах может привести не только к постепенному разрушению научных гуманитарных школ и преподавательских коллективов, но и обернуться «...в долгосрочной перспективе и культурно-нравственной катастрофой социума, деградацией основ национального менталитета» [1].

Сокращение или недостаток учебного времени по любой дисциплине имеет ряд последствий, в частности, они стимулируют работника высшей школы к активной методической деятельности. В ситуации ограничения учебного времени преподаватель неизбежно становится перед проблемой жёсткого отбора учебного материала с учётом его целесообразности и личностной значимости для обучаемой в вузах молодёжи. Значительная доля учебного материала (до 50%) может быть вынесена на самостоятельное изучение, что становится причиной конфликта мотивационных установок студента и требований, предъявляемых к нему системой высшего образования. Многие из поступивших в вузы не готовы к самостоятельной интеллектуальной деятельности, к отбору, изучению и систематизации нового материала, который им представляется не связанным с будущей профессиональной деятельностью и потому мало значащим. Несформированность мотивации тесно переплетена с проблемами среднего образования, которые наследуются и по мере возможности решаются в вузе.

Сегодня высшее образование характеризуется тенденцией превращения из элитарного в массовое: «...если в 1940 году в колледжи поступало около 15 % учеников школ, то в 1990 уже 62%». [2, с. 39] Эти данные иллюстрируют рост престижа высшего образования в США, но и в России наблюдается сходная картина. На рисунке 1 представлена диаграмма, которая отражает эту тенденцию в полной мере, что также не облегчает ситуации: массовость всегда влечёт за собой падение качества. Сегодня высшее образование одновременно является престижным и востребованным, но и вызывает массу нареканий и вопросов.



Рисунок 1.

Ситуация усугубляется и сегодняшней демографической ситуацией: фактически не абитуриенты стремятся поступить в вузы, а вузы борются за абитуриентов, в следствие чего в условиях фактического отсутствия конкурсного отбора может быть снижена планка требовательности преподавателей к студентам в процессе обучения.

Поэтому проблемы конструирования мотивационной сферы личности студента оказываются в центре внимания преподавателей предметов гуманитарного цикла. Изучение культурологии студентами технических специальностей содержит значительный потенциал формирования универсальных умений и навыков, в частности:

- формирования и совершенствования *навыков анализа текстов научного, научно-популярного или публицистического стилей,*
- развития логического мышления путём *схематизации учебного материала, составления опорных конспектов лекций и разделов учебников,*
- расширение кругозора *при написании рефератов и подготовке сообщений,*
- обучение *приёмам ведения регламентированной дискуссии* и т.д.

Некоторые темы и разделы курса культурологии имеют непосредственное отношение к профессиональной подготовке студентов технических специальностей. Так, в тему «Морфология культуры» обычно включается информация о разных феноменах культуры, к числу которых относятся наука и техника. Вопрос о значимости, функциях и перспективах развития научно-технической сферы современного общества является не просто актуальным, но и болезненным, так как антропогенный кризис проявился в XX и XXI веке с необыкновенной силой: человечество достигло такого уровня могущества, что стало представлять опасность для самого себя и природы в целом. Н.Г. Багдасарьян считает, что научно-технический потенциал современного общества и морально-нравственные регулятивы находятся в состоянии несогласованности, но культура постепенно вырабатывает механизмы решения этой проблемы: «... по мере наращивания технических средств ведения войны, формируются и средства ограничения агрессии, задача которых - компенсировать инструментальный потенциал, накопленный человечеством». [3]

Ценность и смысл изучения многих гуманитарных предметов на всех уровнях системы образования состоит в решении морально-нравственных задач, формировании ценностных ориентаций, постановке перед обучаемыми общечеловеческих проблем, без решения которых перспективы современной цивилизации выглядят довольно мрачно или слишком неопределённо. Культурология предоставляет возможности не только осмысления противоречивости роли науки и техники в жизни личности и общества, но и способствует осмыслению студентом своего места в мире, что придаёт человеку внутреннюю устойчивость: «Соци-

ально-научное и гуманитарное знание, безусловно, влияет на уровень профессиональной культуры, оно выступает важной, структурной составляющей общей компетентности специалиста. Владение его методологией позволяет еще на этапе профессиональной идеи, проекта минимизировать негативные социальные и нравственные последствия дальнейшей деятельности, формирует способность к адекватной оценке и принятию правильного решения в критической ситуации, актуализирует человеческий, а не только узкопрофессиональный смысл деятельности». [3]

Несмотря на приток молодёжи в вузы и стремление родителей создать условия для получения детьми высшего образования, российское общество переживает ценностный кризис, в частности, кризис отношения к труду и активной деятельности. Современный этап развития общества и экономики привёл к резкой интенсификации трудовых процессов, система образования отреагировала расширением спектра изучаемых дисциплин и увеличением учебной нагрузки, а психологически общество оказалось к этому не готово. В новых условиях социально адаптированными и успешными окажутся те выпускники вузов, кто относился к учёбе как к серьёзной, ответственной, значимой для себя и для общества работе. И утвердиться в этом мнении студенту поможет изучение некоторых тем по культурологии. Так, при знакомстве с темой «Глобальные проблемы современности» принято говорить об экологическом кризисе, истощении природных ресурсов и других негативных последствиях индустриализации. Но сегодня не менее важно говорить со студентами о возрастающей роли развитого интеллекта, ценность которого стала превосходить по значимости ценность природных ресурсов. Например, в книге А.П. Никонова [2], журналиста и социолога, приводятся неожиданные статистические данные, характеризующие состав и образ жизни постиндустриального, информационного общества, в котором **сокращается** потребление электроэнергии, чёрных металлов, воды за счёт использования новых технологий. На вопрос, а что же стало использоваться больше и эффективнее, автор даёт однозначный ответ: интеллект! Подобные факты вразумляют, они могут помочь преподавателю преодолеть внутреннее сопротивление студентов, их нежелание систематически, упорно учиться.

Преподавание гуманитарных предметов может и должно быть личностно и профессионально ориентировано, в этом случае проще сформировать качественные мотивационные установки обучаемых. Курс культурологии обычно делится на два больших блока: история культуры и теория культуры. Первый блок содержит много фактического материала, который следует подвергать селекции в зависимости от будущей специальности студентов. Например, при обучении строителей, архитекторов, инженеров, ландшафтных дизайнеров *проблему эволюции художественных стилей в искусстве целесообразно рассматривать, прежде всего, на примере архитектурных стилей*, и здесь не обойтись без лекций-презентаций, тематических подборок слайдов, электронных экскурсий по музеям мира и т.д.

Антропоцентрическая парадигма знания, выступающая в роли качественной характеристики учебного процесса в вузе и являющаяся ценностным ориентиром для современного преподавателя, предполагает повышение статуса гуманитарных предметов в системе высшего образования в России. Обсуждение новых Государственных стандартов по дисциплинам разных циклов должно привести к гармонизации процесса обучения и сохранению лучших традиций отечественной высшей школы. По нашему мнению, изучение культурологии студентами технических специальностей должно способствовать:

- развитию гуманитарной культуры в сопряжении с профессиональным образованием;
- усвоению основ культурологического знания, важнейшей проблематики истории и теории культуры;
- формированию представлений о закономерностях развития мировых культур;
- подготовке к профессиональной деятельности в мультикультурном социуме;
- умению выделить доминирующие в той или иной культуре ценности, значения и смыслы, составляющие историко-культурное своеобразие;
- выработке личной ориентации в культурном пространстве;
- уяснению культурных аспектов своей специальности.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Морозов И.Л. Перспективы гуманитарных дисциплин в техническом вузе в рамках реформы высшей школы // Владимирский Государственный университет ; <http://www.vlsu.ru/index.php?id=1623&type=1>
2. Никонов А.П. Управление выбором. Искусство стрижки народных масс / А.П. Никонов.- М.: ЭНАС; СПб.: Питер, 2008. – 304 с.- (Точка зрения)
3. Багдасарьян Н.Г. Место культурологии в образовательном процессе. // Высшая школа культурологии МГУКИ; http://hischool.ru/mesto_cult.html

Рожкова Наталья Викторовна

Орловский государственный аграрный университет, г. Орел

Кандидат педагогических наук, старший преподаватель кафедры «философия»

Адрес редакции:

Орловский государственный технический университет
302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29
(4862)43-48-90,41-98-60
www.ostu.ru
E-mail: nmu@ostu.ru

Технический редактор, корректор,
компьютерная верстка В.В. Недолужко
Перевод В.М. Хрошин

Сдано в набор 13.04.2009 г.
Подписано в печать 28.05.2009 г.
Формат 70x108 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л.7,5.
Тираж 300 экз.
Заказ № _____

Отпечатано с готового оригинал-макета на полиграфической базе
ОрелГТУ 302030, г. Орел, ул. Московская, 65.