



# Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту

**№ 1**  
травень  
**2008**

*Науковий журнал*

**Засновник:**

Донецький інститут  
автомобільного транспорту

**Видавець:**

ТОВ «Дончанка-інформ»  
**Адреса:** 83000, м. Донецьк,  
вул. Горького, 146.

За достовірність фактів, цифр,  
точність імен та прізвищ несуть  
відповідальність автори статей.

До журналу увійшли статті співробіт-  
ників, аспірантів та докторантів  
Донецького інституту автомобільного  
транспорту та інших навчальних  
закладів

Матеріали номеру друкуються  
мовою оригіналу

Видання виходить 4 рази на рік  
Видається з січня 2004 року

**Адреса редакції:**

83086, м. Донецьк,  
пр. Дзержинського, 7  
Тел. (062) 345-29-49  
**E-mail:** donak@etel.dn.ua

Рекомендовано до друку вченою  
радою Донецького інституту  
автомобільного транспорту.  
Протокол № 7 від 07.05.2008 р.

**Редакційна колегія:**

**Головний редактор**

*Енглезі І.П., ректор ДІАТ, канд. техн. наук*

**Члени редколегії:**

*Белов Ю.В., канд. техн. наук, доцент*  
*Белоусов В.В., д-р техн. наук, професор*  
*Вербицький В.Г., д-р фіз.-мат. наук, професор*  
*Вовк Л.П., д-р техн. наук, професор*  
*Головченко І.П., канд. техн. наук, доцент*  
*Горожанкін С.А., д-р техн. наук, професор*  
*Доля В.К., д-р техн. наук, професор*  
*Жирнов А.А., канд. техн. наук, доцент*  
*Заренбін В.Г., д-р техн. наук, професор*  
*Казанцев Є.І., д-р техн. наук, професор*  
*Криводубський О.О., канд. техн. наук, доцент*  
*Лук'янченко Н.Д., д-р економ. наук, професор*  
*Макаров В.А., канд. техн. наук, доцент*  
*Макогон Б.П., канд. фіз.-мат. наук, доцент*  
*Міщенко М.І., д-р техн. наук, професор*  
*Муромець Н.Є., канд. економ. наук, доцент*  
*Поліщук В.П., д-р техн. наук, професор*  
*Сахно В.П., д-р техн. наук, професор*  
*Споришін В.Я., д-р техн. наук, професор*  
*Сунцов М. В., д-р хім. наук, професор*  
*Тернов С.О., канд. техн. наук, ст.н.с.*

**Відповідальний секретар**

*Столяренко М.О., канд. техн. наук*

**Коректор**

*Задунайська О.В.*

**Технічний редактор**

*Пахно О.Є.*



# Зміст

## Транспортні технології

Доля В.К., Волобуева Т.В. Математическая модель поведения водителя в стрессовых ситуациях . . . . .	4
Черевко Ю.М., Вікович І.А., Лозовий І.С. Захист від динамічних перенавантажень незакріплених вантажів при їх транспортуванні . . . . .	14
Абрамова Л.С., Чернобаев Н.С. Программная среда координированного управления транспортными потоками . . . . .	22
Савенок Д.В. Розробка критерію екологічної безпеки автомобіля підвищеної прохідності . . . . .	25
Мойся Д.Л. Определение стационарных режимов двухзвенного автопоезда методом продолжения по параметру . . . . .	30
Криводубский О.А., Ильчишин О.В., Чикунов П.А. Разработка системы управления ГПО «Артемсоль». . . . .	37

## Будівництво та експлуатація автомобільних доріг

Черкашин Д.В. Дослідження старіння асфальтобетонних сумішей, які приготовлені на місцевих мінеральних матеріалах при різному часі перемішування . . . . .	41
---	----

## Економіка транспорту

Сумец А.М. Оценка эффективного варианта привлечения средств для обновления основных фондов автотранспортных систем . . . . .	45
--	----

## Транспорт і двигуни внутрішнього згорання

Рогов А.В. Применение методов оптимизации для поиска рациональной конструкции многоступенчатой трансмиссии . . . . .	52
Волков В.П., Рыжко В.П., Волков Ю.В. Технология диагностики мехатронных систем автомобилей . . . . .	57
Автори номеру . . . . .	65
Правила подання та оформлення статей . . . . .	66

*В.К. ДОЛЯ, д.т. н., проф., Харьковская национальная академия городского хозяйства,  
Т.В. ВОЛОБУЕВА, ст. преп., Донецкий институт автомобильного транспорта.*

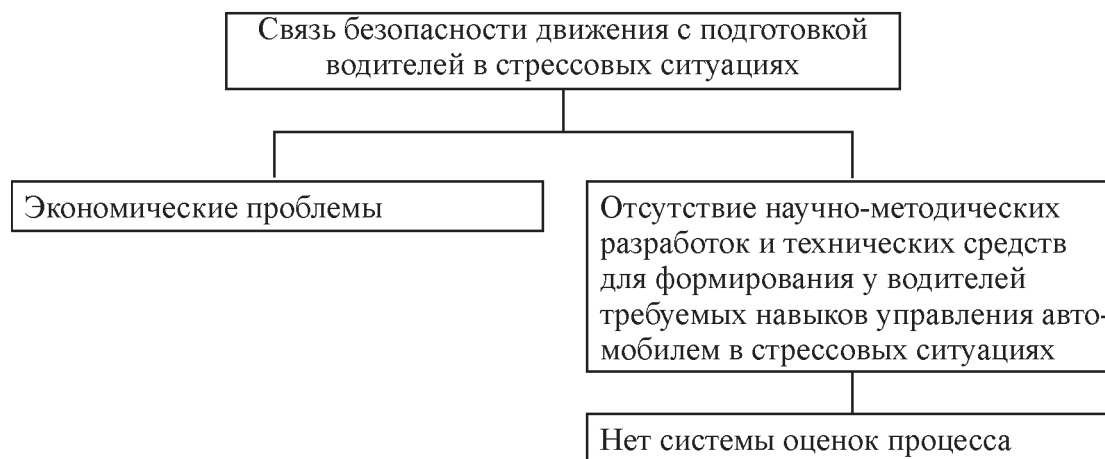
## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ В СТРЕССОВЫХ СИТУАЦИЯХ

*Разработана математическая модель процесса поведения водителя в стрессовых ситуациях на организационном уровне*

### Введение

Согласно современным данным статистики в Украине в результате дорожно-транспортных происшествий (ДТП) в 2006 году погибло 6847 человек и травмировано около 55 тыс. человек, что существенно превышает средние показатели европейских стран.

Для повышения безопасности движения и уменьшения аварийности большое значение имеет правильная оценка субъективного фактора, который реализует водитель транспортного средства. В процессе функционирования системы «человек — автомобиль — окружающая среда» человек является связывающим звеном и выполняет наиболее важные функции контроля и управления. Активная роль водителя заключается в планировании, в принятии решения, в выходе из определенной ситуации и, чаще всего, в быстрой переработке разнообразной информации в условиях ограниченности времени. Человеку также принадлежит оценка опасности и обеспечение безопасности управления автомобилем в целом. Наряду с остальными психофизиологическими особенностями в качестве обязательного требования к водителям автомобилей выступает необходимая устойчивость к стрессам (рис. 1).



**Рис. 1. Взаимосвязь подготовки водителей в стрессовых ситуациях с проблемой повышения безопасности движения.**

### Цель статьи

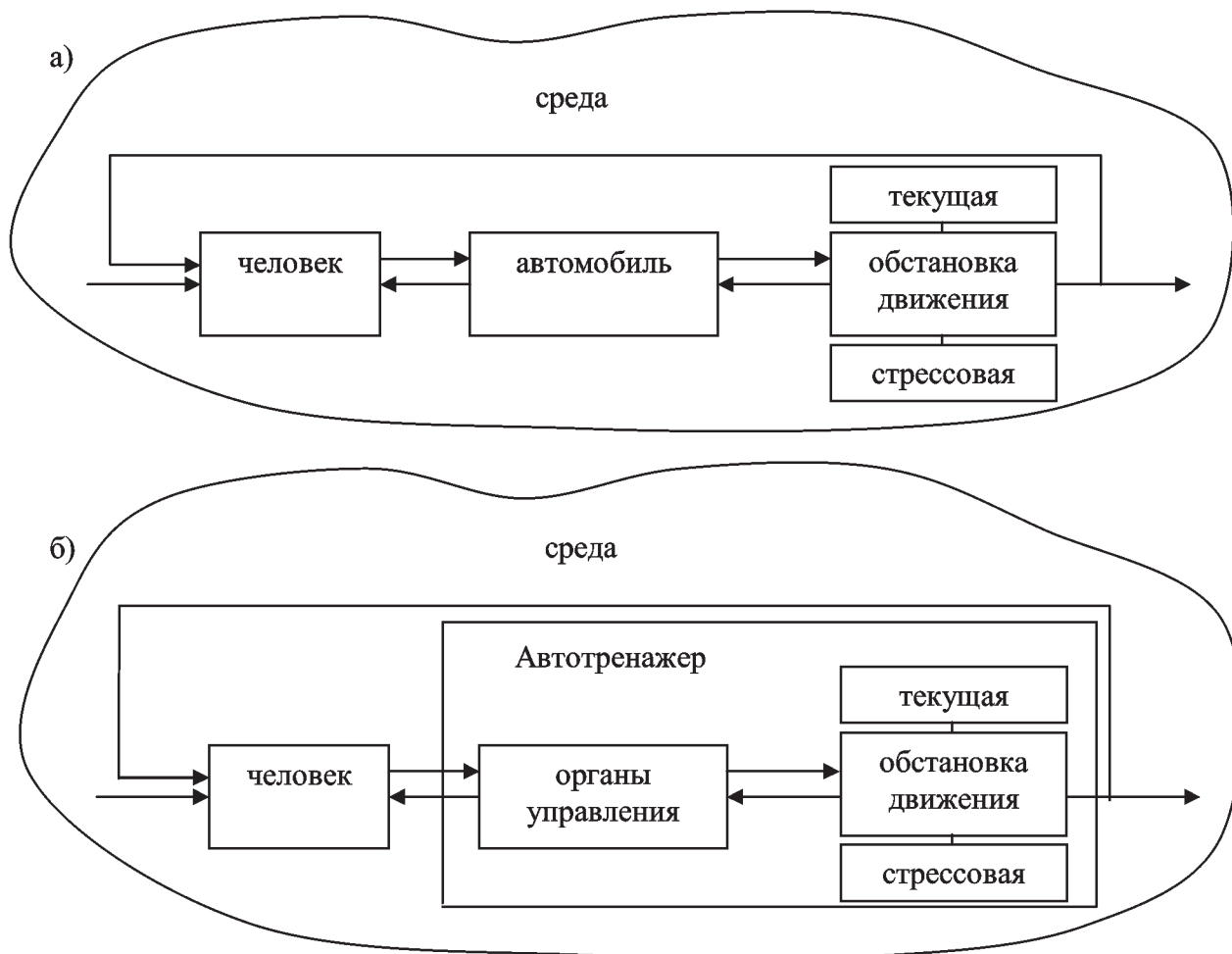
Указанные особенности предполагают необходимость развития процесса обучения водителя в направлении освоения им вождения автомобилем в стрессовых ситуациях. Первоочередной задачей при этом является формализация процесса обучения водителя в стрессовых ситуациях, что и раскрывает цель данной работы.

## Основной раздел

Процесс обучения человека вождению автомобиля предлагается рассматривать в виде системы, которая включает три основных элемента: обучаемого человека, автомобиль (роль которого играет автотренажер) и обстановку движения (рис. 2).

Процесс обучения водителя обычно включает три этапа:

- 1) обучение применению рычагов и педалей управления;
- 2) обучение выполнению конкретных маневров на дороге;
- 3) обучение вождению в условиях высокоинтенсивных транспортных потоков.



**Рис. 2. Структурная схема системы обучения человека:**

*а) с использованием автомобиля; б) с использованием автотренажера.*

Первый этап предполагается осуществлять на автотренажере или неподвижном автомобиле. В таких условиях постановки исследования обстановка движения является неизменной. В процессе обучения вырабатываются твердые и точные навыки соответствующих приемов использования органов управления автомобилем.

Второй этап включает использование, как автотренажеров, так и автомобилей, которые предполагается использовать в рамках определенных дорожных условий. При использовании автомобилей обучение проводится на участках дорог с незначительной интенсивностью движения или на специальных площадках и автодромах. В процессе обучения отрабатываются наиболее типичные маневры на дороге: трогание с места, разгон, торможение, поворот, разворот,

объезд, обгон и т. п. На данном этапе приобретенные ранее отдельные навыки объединяются в укрупненные системы, формируются динамические стереотипы действий в соответствующих дорожно-транспортных ситуациях. Обстановка движения при выполнении каждого маневра в условиях применения автотренажеров изменяется по определенному закону.

Второй этап обучения имеет своей главной задачей формирование сенсомоторных координаций, т. е. объединение зрительных и мышечно-двигательных, а также вестибулярных представлений в единые комплексы навыков. Указанные комплексы являются основой умения реагировать на зрительно воспринимаемые признаки и ориентиры, соответствующие элементам процесса движения.

Третий этап обучения характеризуется случайным значительным отклонением характера изменения обстановки движения. Этот этап направлен на формирование умения своевременно воспринимать и оценивать случайные характеристики факторов дорожной обстановки и правильно реагировать на ее изменение.

Второй и третий этапы способствуют развитию таких профессиональных качеств как глазомер, расчет движения автомобиля, способность к быстрому и адекватному реагированию.

Обстановка движения — это все явления, которые нельзя отнести к непосредственному процессу управления. Все, что происходит на улице или дороге, формирует обстановку движения и определяет характер управления автомобилем. Кроме того, для автомобиля конструктивные факторы, как регулировка и состояние тормозной системы или состояния двигателя, очевидно, не относятся к управлению, поэтому эти факторы также относятся к обстановке движения.

Предлагается выполнить допущение о том, что в процессе обучения на первом и втором этапах система «человек — автомобиль — обстановка движения» в организационном отношении является замкнутой (закрытой). Система замкнута если между системой и внешней средой нет обмена веществом, энергией и информацией или, в условиях присутствия обмена, такой процесс не приводит к изменениям разнообразия ее состояний. Под внешней средой для конкретной системы понимается все то, что находится вне данной системы: погодные-климатические, экономические и социальные факторы.

Для замкнутой в организационном отношении системы выполняется закон сохранения организации, согласно которому можно записать соотношение [1... 3]:

$$Q + H = H_m, \quad (1)$$

где  $Q$  — величина абсолютной организации системы;

$H, H_m$  — величины текущей и максимальной неопределенности системы.

С учетом отмеченных особенностей процесса обучения водителей, предлагается следующая формулировка уравнений статического равновесия для этапа обучения с переменной обстановкой обучения

$$\left. \begin{aligned} Q_{чч} - Q_{ч} &= 0, \\ Q_{шт} - Q_{м} &= 0, \\ Q_{ноб} - Q_{об} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где  $Q_{ч}, Q_{м}, Q_{об}$  — абсолютные организации элементов системы обучения, соответственно: человека, системы управления автомобилем и текущей обстановки движения;

$Q_{чч}, Q_{шт}, Q_{ноб}$  — нормы абсолютной организации элементов системы, соответственно: человека, системы управления и текущей обстановки движения.

В условиях нарушения равновесия организации элементов системы фактические и нормальные организации элементов системы получают алгебраические приращения, которые не равны между собой:

$$\begin{aligned} Q_{нч} + \Delta Q_{нч} &\neq Q_ч + \Delta Q_ч, \\ Q_{нм} + \Delta Q_{нм} &\neq Q_м + \Delta Q_м, \\ Q_{ноб} + \Delta Q_{ноб} &\neq Q_{об} + \Delta Q_{моб} + \Delta Q_{cob}. \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\Delta Q_{моб}$ ,  $\Delta Q_{cob}$  — алгебраические приращения текущей и стрессовой составляющих организации обстановки движения,  $\Delta Q_{об} = \Delta Q_{моб} + \Delta Q_{cob}$ .

С учетом (2) и уравнений (3) можно записать:

$$\begin{aligned} \Delta Q_{нч} &\neq \Delta Q_ч, \\ \Delta Q_{нм} &\neq \Delta Q_м, \\ \Delta Q_{ноб} &\neq \Delta Q_{моб} + \Delta Q_{cob}. \end{aligned} \quad (4)$$

Появление нарушения равновесия в исследуемой системе приводит к изменению абсолютной организации в каждом элементе системы

$$\begin{aligned} dQ_ч &= (\Delta Q_{нч} - \Delta Q_ч)dt, \\ dQ_м &= (\Delta Q_{нм} - \Delta Q_м)dt, \\ dQ_{об} &= (\Delta Q_{ноб} - \Delta Q_{моб} - \Delta Q_{cob})dt, \end{aligned} \quad (5)$$

Учитывая соотношения (2) бесконечно малые приращения абсолютной организации каждого элемента системы можно представить в следующем виде

$$\begin{aligned} dQ_ч &= C_ч dP_ч, \\ dQ_м &= C_м dP_м, \\ dQ_{об} &= C_{об} dP_{об} = C_{об} (dP_{моб} + dP_{cob}), \end{aligned} \quad (6)$$

где  $P_ч$ ,  $P_м$ ,  $P_{об}$  — вероятности перехода элементов системы в состояние нормы, соответственно: человека, системы управления и обстановки движения;

$P_{моб}$ ,  $P_{cob}$  — вероятности перехода элементов системы в состояние нормы, соответственно: обстановки движения из текущего и стрессового состояний; т. к. указанные два события можно представить в виде независимых и обстановка движения может перейти в состояние нормы только по одной из вероятностей, то  $P_{об} = P_{моб} + P_{cob}$ ;

$C_ч$ ,  $C_м$ ,  $C_{об}$  — организационные емкости элементов системы, соответственно: человека, системы управления и обстановки движения.

Зависимости (6) позволяют записать уравнения динамического равновесия элементов системы в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} C_ч \frac{dP_ч}{dt} &= \Delta Q_{нч} - \Delta Q_ч, \\ C_м \frac{dP_м}{dt} &= \Delta Q_{нм} - \Delta Q_м, \\ C_{об} \left( \frac{dP_{моб}}{dt} + \frac{dP_{cob}}{dt} \right) &= \Delta Q_{ноб} - \Delta Q_{моб} - \Delta Q_{cob}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

При этом, нормы абсолютной организации для каждого из элементов системы будут равны:

$$\left. \begin{aligned} Q_{нч} &= K_m^{(1)} Q_m + K_{об}^{(1)} Q_{об} + K_c^{(1)} Q_c, \\ Q_{нт} &= K_u^{(2)} Q_u + K_{об}^{(2)} Q_{об} + K_c^{(2)} Q_c, \\ Q_{ноб} &= K_m^{(3)} Q_m + K_u^{(3)} Q_u + K_c^{(3)} Q_c, \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где  $Q_c$  — абсолютная организация среды.

Весовые коэффициенты, которые указаны в (8), предлагается определять через жесткости функциональных норм [1]:

$$\left. \begin{aligned} K_m^{(1)} &= \frac{\gamma_m}{\gamma_m + \gamma_{об} + \gamma_c}; & K_{об}^{(1)} &= \frac{\gamma_{об}}{\gamma_m + \gamma_{об} + \gamma_c}; & K_c^{(1)} &= \frac{\gamma_c}{\gamma_m + \gamma_{об} + \gamma_c}; \\ K_u^{(2)} &= \frac{\gamma_u}{\gamma_u + \gamma_{об} + \gamma_c}; & K_{об}^{(2)} &= \frac{\gamma}{\gamma_u + \gamma_{об} + \gamma_c}; & K_c^{(2)} &= \frac{\gamma_c}{\gamma_u + \gamma_{об} + \gamma_c}; \\ K_m^{(3)} &= \frac{\gamma_m}{\gamma_m + \gamma_u + \gamma_c}; & K_u^{(3)} &= \frac{\gamma_u}{\gamma_m + \gamma_u + \gamma_c}; & K_c^{(3)} &= \frac{\gamma_c}{\gamma_m + \gamma_u + \gamma_c}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Коэффициенты веса предполагают следующую зависимость между собой:

$$\left. \begin{aligned} K_m^{(1)} + K_{об}^{(1)} + K_c^{(1)} &= 1, \\ K_u^{(2)} + K_{об}^{(2)} + K_c^{(2)} &= 1, \\ K_m^{(3)} + K_u^{(3)} + K_c^{(3)} &= 1. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Приращения норм абсолютной организации можно расписать по формулам дифференциала непрерывной функции:

$$\left. \begin{aligned} \Delta Q_{нч} &= f(\Delta P_m, \Delta P_{ноб}, \Delta P_{соб}, \Delta P_c), \\ \Delta Q_{нт} &= f(\Delta P_u, \Delta P_{ноб}, \Delta P_{соб}, \Delta P_c), \\ \Delta Q_{ноб} &= f(\Delta P_m, \Delta P_u, \Delta P_c), \end{aligned} \right\} \\ \left. \begin{aligned} \Delta Q_{нч} &= \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_m} \Delta P_m + \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_{ноб}} \Delta P_{ноб} + \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_{соб}} \Delta P_{соб} + \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_c} \Delta P_c, \\ \Delta Q_{нт} &= \frac{\partial Q_{нт}}{\partial P_u} \Delta P_u + \frac{\partial Q_{нт}}{\partial P_{ноб}} \Delta P_{ноб} + \frac{\partial Q_{нт}}{\partial P_{соб}} \Delta P_{соб} + \frac{\partial Q_{нт}}{\partial P_c} \Delta P_c, \\ \Delta Q_{ноб} &= \frac{\partial Q_{ноб}}{\partial P_m} \Delta P_m + \frac{\partial Q_{ноб}}{\partial P_u} \Delta P_u + \frac{\partial Q_{ноб}}{\partial P_c} \Delta P_c, \\ \Delta Q_u &= \frac{\partial Q_u}{\partial P_u} \Delta P_u; \Delta Q_m = \frac{\partial Q_m}{\partial P_m} \Delta P_m; \\ \Delta Q_{ноб} &= \frac{\partial Q_{ноб}}{\partial P_{ноб}} \Delta P_{ноб}; \Delta Q_{соб} = \frac{\partial Q_{соб}}{\partial P_{соб}} \Delta P_{соб}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

После подстановки соотношений (11) в уравнения динамического равновесия элементов системы (7) получим:



$$\left. \begin{aligned} C_q \frac{d\Delta P_q}{dt} - \left[ \left( \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_m} \Delta P_m + \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_{моб}} \Delta P_{моб} + \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_{собр}} \Delta P_{собр} \right) - \frac{\partial Q_q}{\partial P_q} \Delta P_q \right] &= \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_c} \Delta P_c, \\ C_m \frac{d\Delta P_m}{dt} - \left[ \left( \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_q} \Delta P_q + \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_{моб}} \Delta P_{моб} + \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_{собр}} \Delta P_{собр} \right) - \frac{\partial Q_m}{\partial P_m} \Delta P_m \right] &= \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_c} \Delta P_c, \\ C_{об} \left( \frac{d\Delta P_{моб}}{dt} + \frac{d\Delta P_{собр}}{dt} \right) - \left[ \left( \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_m} \Delta P_m + \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_q} \Delta P_q \right) - \frac{\partial Q_{моб}}{\partial P_{моб}} \Delta P_{моб} - \frac{\partial Q_{собр}}{\partial P_{собр}} \Delta P_{собр} \right] &= \frac{\partial Q_{нч}}{\partial P_c} \Delta P_c. \end{aligned} \right\} (12)$$

Единая система уравнений динамического равновесия элементов системы:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\Delta P_q}{dt} - \left[ \left( K_m^{(1)} \Delta P_m + K_{об}^{(1)} \Delta P_{моб} + K_{об}^{(1)} \Delta P_{собр} \right) - \Delta P_q \right] &= K_c^{(1)} \Delta P_c, \\ \frac{d\Delta P_m}{dt} - \left[ \left( K_q^{(2)} \Delta P_q + K_{об}^{(2)} \Delta P_{моб} + K_{об}^{(2)} \Delta P_{собр} \right) - \Delta P_m \right] &= K_c^{(2)} \Delta P_c, \\ \frac{d\Delta P_{моб}}{dt} + \frac{d\Delta P_{собр}}{dt} - \left[ \left( K_q^{(3)} \Delta P_q + K_m^{(3)} \Delta P_m \right) - \Delta P_{моб} - \Delta P_{собр} \right] &= K_c^{(3)} \Delta P_c. \end{aligned} \right\} (13)$$

Введем допущение о том, что в процессе обучения водителя внешняя среда системы: погодно-климатические, экономические и социальные условия, — остаются неизменными. Тогда  $Q_c = const$  и  $\Delta P_c = 0$ . С учетом допущения система уравнений (13) может быть преобразована к следующему виду:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\Delta P_q}{dt} - \left[ \left( K_m^{(1)} \Delta P_m + K_{об}^{(1)} \Delta P_{моб} + K_{об}^{(1)} \Delta P_{собр} \right) - \Delta P_q \right] &= 0, \\ \frac{d\Delta P_m}{dt} - \left[ \left( K_q^{(2)} \Delta P_q + K_{об}^{(2)} \Delta P_{моб} + K_{об}^{(2)} \Delta P_{собр} \right) - \Delta P_m \right] &= 0, \\ \frac{d\Delta P_{моб}}{dt} + \frac{d\Delta P_{собр}}{dt} - \left[ \left( K_q^{(3)} \Delta P_q + K_m^{(3)} \Delta P_m \right) - \Delta P_{моб} - \Delta P_{собр} \right] &= 0. \end{aligned} \right\} (14)$$

Проведем дифференцирование первого уравнения из системы (14) по времени

$$\frac{d^2 \Delta P_q}{dt^2} + \frac{d\Delta P_q}{dt} - K_m^{(1)} \frac{d\Delta P_m}{dt} - K_{об}^{(1)} \frac{d\Delta P_{моб}}{dt} - K_{об}^{(1)} \frac{d\Delta P_{собр}}{dt} = 0. \quad (15)$$

Подстановка в уравнение (15) значений  $\frac{d\Delta P_q}{dt}$ ,  $\frac{d\Delta P_m}{dt}$ ,  $\frac{d\Delta P_{моб}}{dt}$ ,  $\frac{d\Delta P_{собр}}{dt}$  из системы (14) преобразует уравнение (15) к следующему виду:

$$\frac{d^2 \Delta P_q}{dt^2} - m_0 \Delta P_q + m_1 \Delta P_m + m_2 \Delta P_{моб} + m_2 \Delta P_{собр} = 0, \quad (16)$$

где  $m_0 = 1 + K_m^{(1)} K_q^{(2)} + K_{об}^{(1)} K_q^{(3)}$ ,  $m_1 = 2K_m^{(2)} - K_{об}^{(1)} K_m^{(3)}$ ,  $m_2 = 2K_{об}^{(1)} - K_m^{(1)} K_{об}^{(2)}$ .

Проведем дифференцирование (16) еще раз по времени:

$$\frac{d^3 \Delta P_q}{dt^3} - m_0 \frac{d\Delta P_q}{dt} + m_1 \frac{d\Delta P_m}{dt} + m_2 \frac{d\Delta P_{моб}}{dt} + m_2 \frac{d\Delta P_{собр}}{dt} = 0. \quad (17)$$

Аналогично предыдущему случаю, снова подставим в (17) значения  $\frac{d\Delta P_u}{dt}$ ,  $\frac{d\Delta P_m}{dt}$ ,  $\frac{d\Delta P_{mob}}{dt}$ ,  $\frac{d\Delta P_{cob}}{dt}$  из (14). В результате получим:

$$\frac{d^3\Delta P_u}{dt^3} + n_0\Delta P_u - n_1\Delta P_m - n_2\Delta P_{mob} - n_2\Delta P_{cob} = 0, \quad (18)$$

$$\begin{aligned} n_0 &= m_0 + m_1 K_u^{(2)} + m_2 K_u^{(3)}, \\ n_1 &= m_1 + m_0 K_m^{(1)} - m_2 K_m^{(3)}, \\ n_2 &= m_2 + m_0 K_{ob}^{(1)} - m_1 K_{ob}^{(2)}. \end{aligned}$$

Следовательно получим новую систему уравнений динамического равновесия системы:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\Delta P_u}{dt} &= -\Delta P_u + K_m^{(1)}\Delta P_m + K_{ob}^{(1)}\Delta P_{mob} + K_{ob}^{(1)}\Delta P_{cob}, \\ \frac{d^2\Delta P_u}{dt^2} &= m_0\Delta P_u - m_1\Delta P_m - m_2\Delta P_{mob} - m_2\Delta P_{cob}, \\ \frac{d^3\Delta P_u}{dt^3} &= -n_0\Delta P_u + n_1\Delta P_m + n_2\Delta P_{mob} + n_2\Delta P_{cob}. \end{aligned} \right\} \quad (19)$$

Совместное решение первых двух уравнений из системы (19) позволяет определить значения  $\Delta P_m$  и  $\Delta P_{mob} + \Delta P_{cob}$ :

$$\begin{aligned} \Delta P_m &= \frac{1}{a} \left\{ -K_{ob}^{(1)} \frac{d^2\Delta P_u}{dt^2} - m_2 \frac{d\Delta P_u}{dt} + (m_0 K_{ob}^{(1)} - m_2) \Delta P_u \right\}, \\ \Delta P_{mob} + \Delta P_{cob} &= \frac{1}{a} \left\{ K_m^{(1)} \frac{d^2\Delta P_u}{dt^2} + m_1 \frac{d\Delta P_u}{dt} + (m_1 - K_m^{(1)} m_0) \Delta P_u \right\}, \end{aligned} \quad (20)$$

где  $a = m_1 K_{ob}^{(1)} - m_2 K_m^{(1)}$ .

Проведем подстановку значений  $\Delta P_m$  и  $\Delta P_{mob} + \Delta P_{cob}$  из (20) в третье уравнение системы (19) и получим:

$$\begin{aligned} a \frac{d^3\Delta P_u}{dt^3} + (n_1 K_{ob}^{(1)} - n_2 K_m^{(1)}) \frac{d^2\Delta P_u}{dt^2} + (n_1 m_2 - n_2 m_1) \frac{d\Delta P_u}{dt} + \\ + [n_0 a - n_1 (m_0 K_{ob}^{(1)} - m_2) - n_2 (m_1 - K_m^{(1)} m_0)] \Delta P_u = 0. \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} \Delta P_m &= \frac{1}{a} \left\{ -\frac{K_{ob}^{(1)}}{r^2} \frac{d^2\Delta P_u}{d\tau^2} - \frac{m_2}{r} \frac{d\Delta P_u}{d\tau} + (m_0 K_{ob}^{(1)} - m_2) \Delta P_u \right\}, \\ \Delta P_{mob} + \Delta P_{cob} &= \frac{1}{a} \left\{ \frac{K_m^{(1)}}{r^2} \frac{d^2\Delta P_u}{d\tau^2} + \frac{m_1}{r} \frac{d\Delta P_u}{d\tau} + (m_1 - K_m^{(1)} m_0) \Delta P_u \right\}, \end{aligned} \quad (22)$$

где  $\tau$  — измерение времени.

Получим уравнения для первой и второй производных

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta P_u}{d\tau} &= C_0\lambda_1 e^{\lambda_1\tau} + C_1 e^{\alpha\tau} [\alpha \cos \beta\tau - \beta \sin \beta\tau] + C_2 e^{\alpha\tau} [\beta \cos \beta\tau + \alpha \sin \beta\tau], \\ \frac{d^2\Delta P_u}{d\tau^2} &= C_0\lambda_1^2 e^{\lambda_1\tau} + C_1 e^{\alpha\tau} [(\alpha^2 - \beta^2) \cos \beta\tau - 2\alpha\beta \sin \beta\tau] + \\ &+ C_2 e^{\alpha\tau} [(\alpha^2 - \beta^2) \sin \beta\tau + 2\alpha\beta \cos \beta\tau]. \end{aligned} \quad (23)$$

где  $\lambda$  — расчетная константа.

Подстановка значений производных (23) в уравнение (22) дает:

$$\begin{aligned} \Delta P_m &= M_0 C_0 e^{\lambda_1\tau} + C_1 e^{\alpha\tau} [M_1 \cos \beta\tau + M_2 \sin \beta\tau] + \\ &+ C_2 e^{\alpha\tau} [M_1 \sin \beta\tau - M_2 \cos \beta\tau], \\ \Delta P_{mob} + \Delta P_{cob} &= N_0 C_0 e^{\lambda_1\tau} + C_1 e^{\alpha\tau} [N_1 \cos \beta\tau - N_2 \sin \beta\tau] + \\ &+ C_2 e^{\alpha\tau} [N_1 \sin \beta\tau + N_2 \cos \beta\tau], \end{aligned} \quad (24)$$

Решение системы уравнений (14) может быть представлено в следующем виде

$$\begin{aligned} \Delta P_u &= C_0 e^{\lambda_1\tau} + e^{\alpha\tau} [C_1 \cos \beta\tau + C_2 \sin \beta\tau], \\ \Delta P_m &= M_0 C_0 e^{\lambda_1\tau} + C_1 e^{\alpha\tau} [M_1 \cos \beta\tau + M_2 \sin \beta\tau] + \\ &+ C_2 e^{\alpha\tau} [M_1 \sin \beta\tau - M_2 \cos \beta\tau], \\ \Delta P_{mob} + \Delta P_{cob} &= N_0 C_0 e^{\lambda_1\tau} + C_1 e^{\alpha\tau} [N_1 \cos \beta\tau - N_2 \sin \beta\tau] + \\ &+ C_2 e^{\alpha\tau} [N_1 \sin \beta\tau + N_2 \cos \beta\tau]. \end{aligned} \quad (25)$$

Интегрирование уравнений (25) позволяет определить вероятности переходов элементов системы в заданное состояние:

$$\begin{aligned} P_u(\tau) &= \frac{C_0}{\lambda_1} e^{\lambda_1\tau} + \frac{C_1}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha\tau} (\beta \sin \beta\tau + \alpha \cos \beta\tau) + \frac{C_2}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha\tau} (\alpha \sin \beta\tau - \beta \cos \beta\tau) + C_3; \\ P_m(\tau) &= \frac{M_0 C_0}{\lambda_1} e^{\lambda_1\tau} + \frac{C_1 M_1 - C_2 M_2}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha\tau} (\beta \sin \beta\tau + \alpha \cos \beta\tau) + \\ &+ \frac{C_1 M_2 + C_2 M_1}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha\tau} (\alpha \sin \beta\tau - \beta \cos \beta\tau) + C_4; \\ P_{mob}(\tau) + P_{cob}(\tau) &= \frac{N_0 C_0}{\lambda_1} e^{\lambda_1\tau} + \frac{C_1 N_1 + C_2 N_2}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha\tau} (\beta \sin \beta\tau + \alpha \cos \beta\tau) + \\ &+ \frac{C_2 N_1 - C_1 N_2}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha\tau} (\alpha \sin \beta\tau - \beta \cos \beta\tau) + C_5, \end{aligned} \quad (26)$$

где  $C_3, C_4, C_5$  — константы интегрирования.

Положим далее, что при  $\tau \rightarrow \infty$   $P_u = P_{u3}$ ,  $P_m = P_{m3}$ ,  $P_{mob} = P_{mob3}$  и  $P_{cob} = P_{cob3}$ . Тогда из уравнений вероятностей (26) следует, что

$$C_3 = P_{u3}, \quad C_4 = P_{m3}, \quad C_5 = P_{mob3} + P_{cob3}. \quad (27)$$

С учетом граничных условий (27) система уравнений (26) преобразуется к виду

$$\begin{aligned}
 P_q(\tau) &= \frac{C_0}{\lambda_1} e^{\lambda_1 \tau} + \frac{C_1}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha \tau} (\beta \sin \beta \tau + \alpha \cos \beta \tau) + \frac{C_2}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha \tau} (\alpha \sin \beta \tau - \beta \cos \beta \tau) + P_{q3}; \\
 P_m(\tau) &= \frac{M_0 C_0}{\lambda_1} e^{\lambda_1 \tau} + \frac{C_1 M_1 - C_2 M_2}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha \tau} (\beta \sin \beta \tau + \alpha \cos \beta \tau) + \\
 &+ \frac{C_1 M_2 + C_2 M_1}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha \tau} (\alpha \sin \beta \tau - \beta \cos \beta \tau) + P_{m3}; \\
 P_{mob}(\tau) + P_{cob}(\tau) &= \frac{N_0 C_0}{\lambda_1} e^{\lambda_1 \tau} + \frac{C_1 N_1 + C_2 N_2}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha \tau} (\beta \sin \beta \tau + \alpha \cos \beta \tau) + \\
 &+ \frac{C_2 N_1 - C_1 N_2}{\alpha^2 + \beta^2} e^{\alpha \tau} (\alpha \sin \beta \tau - \beta \cos \beta \tau) + P_{mob3} + P_{cob3}.
 \end{aligned} \tag{28}$$

Константы интегрирования  $C_0$ ,  $C_1$  и  $C_2$  могут быть определены из следующих начальных условий:

$$\text{при } \tau = 0 \quad P_q = P_{q0}, \quad P_m = P_{m0}, \quad P_{mob} = P_{mob0}, \quad P_{cob} = P_{cob0}. \tag{29}$$

С учетом начальных условий (29) уравнения (28) формируются в следующем виде

$$\left. \begin{aligned}
 \frac{1}{\lambda_1} C_0 + \frac{\alpha}{\alpha^2 + \beta^2} C_1 - \frac{\beta}{\alpha^2 + \beta^2} C_2 &= (P_{q0} - P_{q3}), \\
 \frac{M_0 C_0}{\lambda_1} + \frac{\alpha M_1 - \beta M_2}{\alpha^2 + \beta^2} C_1 - \frac{\alpha M_2 + \beta M_1}{\alpha^2 + \beta^2} C_2 &= (P_{m0} - P_{m3}), \\
 \frac{N_0 C_0}{\lambda_1} + \frac{\alpha N_1 + \beta N_2}{\alpha^2 + \beta^2} C_1 + \frac{\alpha N_2 - \beta N_1}{\alpha^2 + \beta^2} C_2 &= (P_{mob0} - P_{mob3}) + (P_{cob0} - P_{cob3}).
 \end{aligned} \right\} \tag{30}$$

Система уравнений (30) решается посредством следующих соотношений

$$C_0 = \frac{\Delta_1}{\Delta_0}, \quad C_1 = \frac{\Delta_2}{\Delta_0}, \quad C_2 = \frac{\Delta_3}{\Delta_0}, \tag{31}$$

где

$$\begin{aligned}
 \Delta_0 &= \frac{(\alpha M_1 - \beta M_2)(\alpha N_2 - \beta N_1)}{\lambda_1 (\alpha^2 + \beta^2)^2} + \frac{-M_0 \beta (\alpha N_1 + \beta N_2)}{\lambda_1 (\alpha^2 + \beta^2)^2} + \frac{-N_0 \alpha (\alpha M_2 + \beta M_1)}{\lambda_1 (\alpha^2 + \beta^2)^2} - \\
 &- \frac{-N_0 \beta (\alpha M_1 - \beta M_2)}{\lambda_1 (\alpha^2 + \beta^2)^2} - \frac{M_0 \alpha (\alpha N_2 - \beta N_1)}{\lambda_1 (\alpha^2 + \beta^2)^2} - \frac{-(\alpha N_1 + \beta N_2)(\alpha M_2 + \beta M_1)}{\lambda_1 (\alpha^2 + \beta^2)^2}, \\
 \Delta_1 &= \frac{(P_{q0} - P_{q3})(\alpha M_1 - \beta M_2)(\alpha N_2 - \beta N_1)}{(\alpha^2 + \beta^2)^2} + \frac{-(P_{m0} - P_{m3})\beta (\alpha N_1 + \beta N_2)}{(\alpha^2 + \beta^2)^2} + \\
 &+ \frac{-[(P_{mob0} - P_{mob3}) + (P_{cob0} - P_{cob3})]\alpha (\alpha M_2 + \beta M_1)}{(\alpha^2 + \beta^2)^2} - \frac{-[(P_{mob0} - P_{mob3}) + (P_{cob0} - P_{cob3})]\beta (\alpha M_1 - \beta M_2)}{(\alpha^2 + \beta^2)^2} - \\
 &- \frac{(P_{m0} - P_{m3})\alpha (\alpha N_2 - \beta N_1)}{(\alpha^2 + \beta^2)^2} - \frac{-(P_{q0} - P_{q3})(\alpha N_1 + \beta N_2)(\alpha M_2 + \beta M_1)}{(\alpha^2 + \beta^2)^2},
 \end{aligned}$$

$$\Delta_2 = \frac{(P_{m0} - P_{m3})(\alpha N_2 - \beta N_1)}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)} + \frac{-M_0\beta[(P_{mob0} - P_{mob3}) + (P_{cob0} - P_{cob3})]}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)} +$$

$$+ \frac{-N_0(P_{c0} - P_{c3})(\alpha M_2 + \beta M_1)}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)} - \frac{-N_0\beta(P_{m0} - P_{m3})}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)} -$$

$$- \frac{M_0(P_{c0} - P_{c3})(\alpha N_2 - \beta N_1)}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)} - \frac{-[(P_{mob0} - P_{mob3}) + (P_{cob0} - P_{cob3})](\alpha M_2 + \beta M_1)}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)};$$

$$\Delta_3 = \frac{[(P_{mob0} - P_{mob3}) + (P_{cob0} - P_{cob3})](\alpha M_1 - \beta M_2)}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)} + \frac{M_0(\alpha N_1 + \beta N_2)(P_{c0} - P_{c3})}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)} + \frac{N_0\alpha(P_{m0} - P_{m3})}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)} -$$

$$- \frac{N_0(\alpha M_1 - \beta M_2)(P_{c0} - P_{c3})}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)} - \frac{M_0\alpha[(P_{mob0} - P_{mob3}) + (P_{cob0} - P_{cob3})]}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)} - \frac{(\alpha N_1 + \beta N_2)(P_{m0} - P_{m3})}{\lambda_1(\alpha^2 + \beta^2)}.$$

### Выводы

Получена математическая модель процесса обучения водителя в условиях переменной обстановки движения, которая предполагает соответствующие зависимости для вероятности перехода элементов системы «человек — автомобиль — обстановка движения» в заданное состояние. Для описания процесса обучения водителя вождению автомобиля в условиях меняющейся обстановки необходимо использовать математическую модель в форме (26), которая была разработана.

Таким образом, в статье была решена поставленная задача формализации процесса обучения водителя вождению автомобиля в стрессовых ситуациях. Разработанная модель представляет собой уравнение изменения вероятности перехода состояния водителя в заданное состояние по обучению в определенных условиях существования системы «человек — автомобиль — обстановка движения».

### Список литературы

1. Гаврилов Э.В. Эргономика на автомобильном транспорте. — Киев: Техника, 1976. — 152 с.
2. Гаврилов Э.В. Моделирование дорожных условий и тренировки водителей. — В сб. научн. тр. «Автомобильный транспорт». Вып.7. — Киев: Техніка, 1970. — С. 37–39.
3. Антомонов Ю.Г. Принципы нейродинамики. — Киев: Наукова думка, 1974. — 199 с.

*Анотація.* Розроблена математична модель процесу поведінки водія у стресових ситуаціях на організаційному рівні.

*Abstract.* In work it is considered a need of improvement of the process of learning drivers under driving cars in stressful situation.

Стаття надійшла до редакції 17.03.2008 р.

*Ю.М. ЧЕРЕВКО, Львівський інститут Сухопутних військ Національного університету «Львівська політехніка», І.А. ВІКОВИЧ, І.С. ЛОЗОВИЙ, Національний університет «Львівська політехніка»*

## **ЗАХИСТ ВІД ДИНАМІЧНИХ ПЕРЕНАВАНТАЖЕНЬ НЕЗАКРІПЛЕНИХ ВАНТАЖІВ ПРИ ЇХ ТРАНСПОРТУВАННІ**

*Розглянуто спосіб захисту незакріпленого вантажу у кузові транспортного засобу при його русі*

При русі транспортні засоби зазнають значних динамічних навантажень. Такі навантаження можуть бути викликані неоднорідністю роботи силової установки, ударами та вібраціями, що передаються від опорної поверхні та від незакріпленого вантажу. Боротьба з такими негативними впливами має дуже важливе значення, оскільки дозволить підвищити збереженість транспортованого вантажу, підвищити ефективність роботи машини, зменшити ймовірність поломки.

Суттєвий вплив на роботу транспортного засобу має вага та розміщення вантажу. Зменшення ударних навантажень у трансмісії машин при рушанні з вантажем і дослідження можливості зменшення негативного впливу незакріпленого вантажу на кузові військових машин присвячена НДР «Дослідження робочих процесів машин автотехнічного забезпечення з накопичувально пружно-демпфуючими елементами». Розробці конструкцій накопичувально пружно-демпфуючих елементів повинні передувати дослідження явища удару незакріпленого вантажу і можливих додаткових вібронавантажень.

Особливості явища удару, що не описує класична теорія удару розглянуто в дослідженнях [1–3]. В роботі [3] розглянута задача поздовжнього удару однорідних стержнів при не утримуючих зв'язках в ударному січенні і в січенні, що взаємодіє з абсолютно жорсткою перешкодою. Побудовано поле та області хвильових станів.

У роботі [4] складена методика розрахунку коливань просторової конструкції при ударній дії. Закони збереження дозволяють визначити величину і напрям відскоку абсолютно твердого тіла при відомих його лінійних і кутових швидкостях, точці удару і нормалі в ній. Якщо тіло пружне, то частина енергії в час удару перейде в енергію коливальних рухів, а отже, вектори лінійної і кутової швидкості після відскоку будуть вже не ті, що вийшли б для тіла, що не деформується.

У роботі [5] вивчається питання про збереження інваріантної безлічі віброударних систем при малих змінах параметрів системи і при переході від однієї моделі удару до іншої. Теоретично перевіряється, що удар може розглядатися як граничний випадок взаємодії з обмежувачем великої жорсткості.

Прикладне застосування теорії удару та вібронавантаженості щодо окремих агрегатів та машин представлено в [6–10]. Автори пропонують покращення конструкції, роботи та діагностування агрегатів машин з урахуванням ударних та вібраційних навантажень.

При транспортуванні незакріплених вантажів можливі удари вантажів по обмежуючих пристроях (борти кузова автомобіля, стінки вагону і т. п.). Це явище виникає в періоди розгону й гальмування транспортних засобів і з деяким наближенням за аналогією з [12] і може бути розглянуто за допомогою розрахункової схеми транспортування незакріпленого вантажу, що представлена на рис. 1.

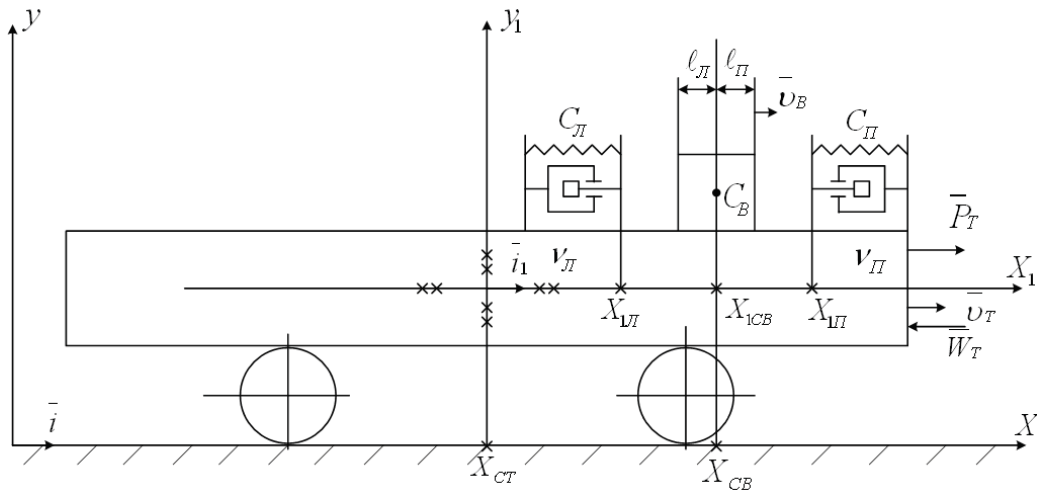


Рис. 1. Розрахункова схема транспортування незакріпленого вантажу

На схемі позначено:

$XOY, X_1C_TY_1$  — нерухома, жорстко пов'язана з дорогою, та рухома, жорстко пов'язана з транспортним засобом, координатні системи, які розташовані у вертикальній площині; вісь  $OX$  — горизонтальна і розташована вздовж прямої пересування транспортного засобу; вісь  $C_TX_1 \parallel$  осі  $OX$ ;

$C_T, C_B$  — центри мас транспортного засобу та вантажу;

$X_{CT}, X_{CB}$  — координати центрів мас транспортного засобу та вантажу в нерухомій координатній системі;

$X_{1CB}$  — координата центру мас вантажу в рухомій координатній системі;

$X_{1П}, X_{1Л}$  — координати поверхонь правого та лівого демпфірувальних пристроїв, що контактують з відповідними поверхнями вантажу, в рухомій координатній системі;

$\bar{P}_T, \bar{W}_T$  — приведені до корпусу транспортного засобу сили від приводного двигуна або сили від гальм та сили опору пересуванню транспортуючого засобу;

$$W_T = -\nu_T \cdot (m_T + m_B) \cdot g \cdot \eta \left( \frac{dX_{CT}}{dt} \right); \quad \eta \left( \frac{dX_{CT}}{dt} \right); \quad (1)$$

$\eta \left( \frac{dX_{CT}}{dt} \right)$  — одинична функція знаку, аргументом якої в цьому випадку є  $\frac{dX_{CT}}{dt}$ , а її графік показано на рис.2;

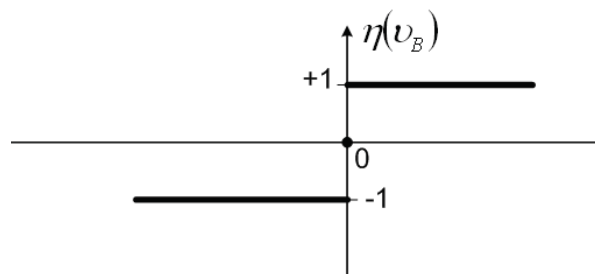


Рис. 2. Графік одиничної функції знаку

$\nu_T$  — приведений до корпусу транспортного засобу коефіцієнт опору його пересуванню;  
 $m_T, m_B$  — маси транспортного засобу та вантажу, що транспортується;  
 $g$  — пришвидшення вільного падіння;  
 $\overline{W}_{TB}, f_{TB}$  — сила та коефіцієнт сухого тертя між контактуючими поверхнями транспортного засобу (верхня) та вантажу (нижня);

$$\overline{W}_{TB} = -m_B \cdot g \cdot f_{TB} \cdot \eta(v_B); \quad (2)$$

$C_{II}, \nu_{II}, C_{Л}, \nu_{Л}$  — коефіцієнти жорсткості та в'язкого тертя правого та лівого демпфірувальних пристроїв;

$\ell_{II}, \ell_{Л}$  — віддалі від  $C_B$  до правої, лівої поверхонь вантажу, що контактують з відповідними поверхнями демпфірувальних пристроїв;

$v_T, v_B$  — швидкості транспортного засобу (абсолютна) та вантажу (відносна).

В подальшому використовувалися припущення:

— розглядається система захисту при транспортуванні незакріплених вантажів в період розгону транспортного засобу;

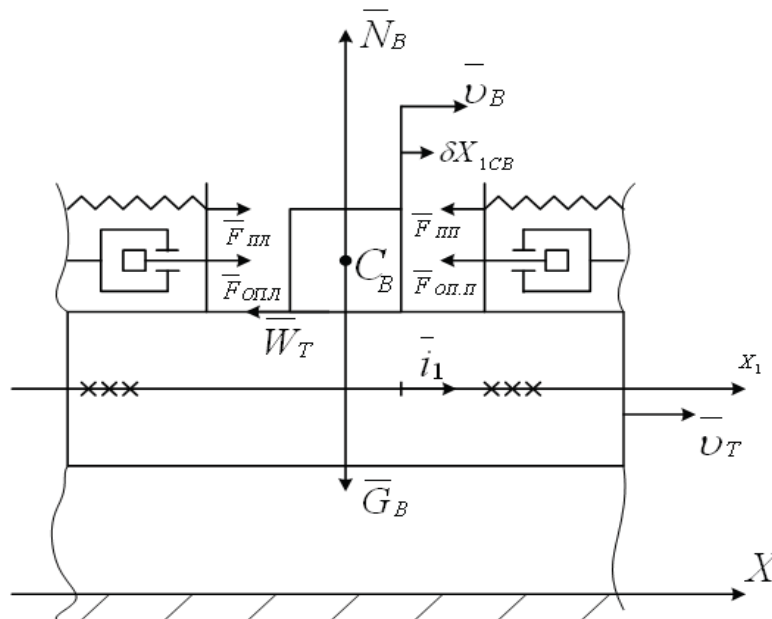
— ділянка шляху — прямолінійна та горизонтальна;

— коефіцієнти жорсткості  $C_{II}, C_{Л}$  вважаються постійними;

— не враховуються вертикальні, поперечні і подовжньо-кутові коливання транспортного засобу;

— масами всіх інших елементів механічної системи — нехтується.

Розглянемо детальніше сили, що діють між вантажем та транспортним засобом (рис.3).



**Рис. 3. Сили, що діють на вантаж з боку транспортного засобу.**

На рис.3 показано напрямки сил, що діють на вантаж з боку транспортного засобу, і використано позначення:

$\overline{G}_B$  — вага вантажу;

$\overline{N}_B$  — нормальна складова реакції контактуючої поверхні транспортного засобу на вантаж;



$$\bar{W}_{TB} = \mp \bar{i}_1 \cdot f_{TB} \cdot N_B \cdot \eta(v_B) = \mp \bar{i}_1 \cdot f_{TB} \cdot m_B \cdot g \cdot \eta(v_B) \quad (3)$$

Тут, в (3), і надалі в (4) ÷ (7), верхній знак потрібно використовувати в рівнянні руху вантажу, а нижній — в рівнянні руху транспортного засобу;

$\bar{i}_1$  — орт вектора осі  $C_T X_1$ ;

$F_{III}, F_{III}$  — сили пружності правого та лівого демпферів

$$F_{III} = \mp C_{II} \cdot [(X_{ICB} + \ell) - X_{III}] \cdot \left[ \frac{\eta[(X_{ICB} + \ell) - X_{III}] + 1}{2} \right] \quad (4)$$

$$F_{III} = \mp C_{II} \cdot [(X_{ICB} - \ell) - X_{III}] \cdot \left[ \frac{\eta[X_{III} - (X_{ICB} - \ell)] + 1}{2} \right]; \quad (5)$$

$F_{OII}, F_{OII}$  — сили в'язкого тертя (опору) правого та лівого демпферів

$$F_{OII} = \mp \nu_{II} \cdot v_B \cdot \left\{ \frac{\eta[(X_{ICB} + \ell) - X_{III}] + 1}{2} \right\} \cdot \left\{ \frac{\eta(v_B) + 1}{2} \right\}; \quad (6)$$

$$F_{OII} = \mp \nu_{II} \cdot v_B \cdot \left\{ \frac{\eta[X_{III} - (X_{ICB} - \ell)] + 1}{2} \right\} \cdot \left\{ \frac{\eta(-v_B) + 1}{2} \right\}; \quad (7)$$

Для побудови математичної моделі руху елементів розрахункової схеми (рис. 1) використаємо рівняння Лагранжа II роду [11], [13], що записане в такому виразі:

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_j} = Q_j; \quad j = 1, \dots, m; \quad (8)$$

$m$  — число ступенів вільності механічної системи «транспортний засіб-вантаж»; механічна система, що аналізується, має  $m = 2$ ;

$q_j; \dot{q}_j$  — узагальнені  $j$ -та координата і її швидкість; в даному випадку за узагальнені координати доцільно вибрати координату  $X_{CT}$  центру мас транспортного засобу ( $q_1 = X_{CT}$ ) та відносну координату  $X_{ICB}$  центру мас вантажу  $q_2 = X_{ICB}$ ;

$T$  — сумарна кінетична енергія елементів механічної системи, масами яких не було знехтувано; оскільки, з врахуванням зроблених припущень, тіла рухаються поступально, тому:

$$T = T_T + T_B = \frac{m_T \cdot v_T^2}{2} + \frac{m_B \cdot (v_T + v_B)^2}{2}; \quad (9)$$

$Q_j$  —  $j$ -та узагальнена сила; вона підраховується наступним чином:

$$Q_j = \frac{\delta A_j}{\delta q_j}; \quad j = 1, 2; \quad (10)$$

$\delta A_j$  — елементарна робота, яку виконують всі сили, що прикладені до тіл даної механічної системи, при наданні  $j$ -тій узагальненій координаті  $q_j$  можливої зміни  $\delta q_j$ .

Деталізуємо вирази узагальнених сил  $Q_j$ . Надамо узагальненій координаті  $q_1 = X_{CT}$  можливу зміну  $q_1 = X_{CT}$ . Роботу виконують сили  $\overline{P}_T, \overline{W}_T, \overline{F}_{III}, \overline{F}_{оп.л}, \overline{F}_{пл}, \overline{F}_{оп.л}, \overline{W}_{TB}$ . Тоді елементарна робота цих сил з врахуванням (1) ÷ (7) на можливому переміщенні дорівнює:

$\delta A_1 = (\dot{i} \cdot \delta X_{CT}) \cdot [\overline{P}_T + \overline{W}_T + \overline{F}_{III} + \overline{F}_{оп.л} + \overline{F}_{пл} + \overline{F}_{оп.л} + \overline{W}_{TB}]$  а узагальнена сила  $Q_1$  буде мати вигляд:

$$\begin{aligned}
 Q_1 = & +P_T - \nu_T \nu_T + C_{II} \cdot [(X_{1CB} + \ell_{ВП}) - X_{1II}] \cdot \left\{ \frac{\eta[(X_{1CB} + \ell_{ВП}) - X_{1II}] + 1}{2} \right\} + \\
 & + C_{Л} \cdot [(X_{1CB} - \ell_{ВЛ}) - X_{1Л}] \cdot \left\{ \frac{\eta[X_{1Л} - (X_{1CB} - \ell_{ВЛ})] + 1}{2} \right\} + \\
 & + \nu_{II} \cdot \nu_B \cdot \left\{ \frac{\eta[(X_{1CB} + \ell_{ВП}) - X_{1II}] + 1}{2} \right\} \cdot \left\{ \frac{\eta(\nu_B) + 1}{2} \right\} + \\
 & + \nu_{Л} \cdot \nu_B \cdot \left\{ \frac{\eta[X_{1Л} - (X_{1CB} - \ell_{ВЛ})] + 1}{2} \right\} \cdot \left\{ \frac{\eta(-\nu_B) + 1}{2} \right\} + f_{TB} \cdot m_B \cdot g \cdot \eta(\nu_B).
 \end{aligned} \tag{11}$$

Надамо узагальненій координаті  $q_2 = X_{1B}$  можливу зміну  $\delta q_2 = \delta X_{1B}$ . Роботу на цьому переміщенні виконують сили  $\overline{F}_{III}, \overline{F}_{оп.л}, \overline{F}_{пл}, \overline{F}_{оп.л}, \overline{W}_{TB}$ . Тоді елементарна робота цих сил на можливому переміщенні  $\delta X_{1CB}$  дорівнює:  $\delta A_2 = (\dot{i}_1 \cdot \delta X_{1CB}) \cdot [\overline{F}_{III} + \overline{F}_{оп.л} + \overline{F}_{пл} + \overline{F}_{оп.л} + \overline{W}_{TB}]$ ; а узагальнена сила  $Q_1$  буде мати вигляд:

$$\begin{aligned}
 Q_2 = & -C_{II} \cdot [(X_{1CB} + \ell_{ВП}) - X_{1II}] \cdot \left\{ \frac{\eta[(X_{1CB} + \ell_{ВП}) - X_{1II}] + 1}{2} \right\} - \\
 & - C_{Л} \cdot [(X_{1CB} - \ell_{ВЛ}) - X_{1Л}] \cdot \left\{ \frac{\eta[X_{1Л} - (X_{1CB} - \ell_{ВЛ})] + 1}{2} \right\} - \\
 & - \nu_{II} \cdot \nu_B \cdot \left\{ \frac{\eta[(X_{1CB} + \ell_{ВП}) - X_{1II}] + 1}{2} \right\} \cdot \left\{ \frac{\eta(\nu_B) + 1}{2} \right\} - \\
 & - \nu_{Л} \cdot \nu_B \cdot \left\{ \frac{\eta[X_{1Л} - (X_{1CB} - \ell_{ВЛ})] + 1}{2} \right\} \cdot \left\{ \frac{\eta(-\nu_B) + 1}{2} \right\} - f_{TB} \cdot m_B \cdot g \cdot \eta(\nu_B).
 \end{aligned} \tag{12}$$

Похідні від сумарної кінетичної енергії (9) елементів механічної системи, що розглядається, мають вигляд:

$$\frac{\partial T}{\partial q_1} = \frac{\partial T}{\partial q_2} = 0; \quad \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_1} = (m_T + m_B) \cdot \dot{q}_1 + m_B \cdot \dot{q}_2;$$

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_1} \right) = (m_T + m_B) \cdot \ddot{q}_1 + m_B \cdot \ddot{q}_2 = (m_T + m_B) \cdot \frac{d^2 X_{CT}}{dt^2} + m_B \cdot \frac{d^2 X_{1CB}}{dt^2};$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_2} = m_B \cdot \dot{q}_2 + m_B \cdot \dot{q}_1; \quad \frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_2} \right) = m_B \cdot (\ddot{q}_1 + \ddot{q}_2) = m_B \cdot \left( \frac{d^2 X_{CT}}{dt^2} + \frac{d^2 X_{1CB}}{dt^2} \right). \quad (13)$$

Рівняння Лагранжа II роду (8) з врахуванням (11), (12), (13) набувають вигляду:

$$\begin{aligned} & (m_T + m_B) \cdot \frac{d^2 X_{CT}}{dt^2} + m_B \cdot \frac{d^2 X_{1CB}}{dt^2} + \nu_T \cdot \frac{dX_{CT}}{dt} - \\ & - \frac{1}{4} \cdot \frac{dX_{1CB}}{dt} \left\{ \nu_{II} \cdot [\eta(X_{1CB} + \ell_{BII} - X_{1II}) + 1] \cdot \left[ \eta \left( \frac{dX_{1CB}}{dt} \right) + 1 \right] + \right. \\ & \left. + \nu_{IL} \cdot [\eta(X_{1L} - X_{1CB} + \ell_{BIL}) + 1] \cdot \left[ \eta \left( -\frac{dX_{1CB}}{dt} \right) + 1 \right] \right\} - \\ & - \frac{1}{2} \cdot \left\{ C_{II} \cdot (X_{1CB} + \ell_{BII} - X_{1II}) \cdot [\eta(X_{1CB} + \ell_{BII} - X_{1II}) + 1] + \right. \\ & \left. + C_{IL} \cdot (X_{1CB} - \ell_{BIL} - X_{1L}) \cdot [\eta(X_{1L} - X_{1CB} + \ell_{BIL}) + 1] \right\} = \\ & = P_T + f_{TB} \cdot m_B \cdot g \cdot \eta \left( \frac{dX_{1CT}}{dt} \right); \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} & m_B \cdot \frac{d^2 X_{CT}}{dt^2} + m_B \cdot \frac{d^2 X_{1CT}}{dt^2} + \\ & + \frac{1}{4} \cdot \frac{dX_{1CB}}{dt} \cdot \left\{ \nu_{II} \cdot [\eta(X_{1CB} + \ell_{BII} - X_{1II}) + 1] \cdot \left[ \eta \left( \frac{dX_{1CB}}{dt} \right) + 1 \right] + \right. \\ & \left. + \nu_{IL} \cdot [\eta(X_{1L} - X_{1CB} + \ell_{BIL}) + 1] \cdot \left[ \eta \left( -\frac{dX_{1CB}}{dt} \right) + 1 \right] \right\} + \\ & + \frac{1}{2} \cdot \left\{ C_{II} \cdot (X_{1CB} + \ell_{BII} - X_{1II}) \cdot [\eta(X_{1CB} + \ell_{BII} - X_{1II}) + 1] + \right. \\ & \left. + C_{IL} \cdot (X_{1CB} - \ell_{BIL} - X_{1L}) \cdot [\eta(X_{1L} - X_{1CB} + \ell_{BIL}) + 1] \right\} = \\ & = -f_{TB} \cdot m_B \cdot g \cdot \eta \left( \frac{dX_{1CT}}{dt} \right). \end{aligned} \quad (15)$$

Система диференціальних рівнянь (14), (15), що доповнена початковими умовами руху представляє собою математичну модель (задача Коші) роботи та руху транспортного засобу при транспортуванні ним незакріпленого вантажу. Ця система представляє собою набір двох звичайних диференціальних нелінійних, неоднорідних рівнянь, куди входять коефіцієнтами відомі функції, що мають розриви першого роду. Такі системи піддаються аналітичному розв'язку шляхом розбиття процесу руху на етапи (наприклад, як в [14], [15] та інші). Але такий підхід мало ефективний, у зв'язку з громіздкістю обчислень.

Представляється більш ефективним використання одного з добре відомих чисельних методів (Рунне-Кути, Булірша-Штера), розв'язку задач Коші для систем звичайних диференціальних

рівнянь, що реалізовані в тому чи іншому комп'ютерному математичному пакеті (як приклад Mathcad 14 компанії PTC) [16].

Як приклад, на рис. 3–6 наведені графіки динамічних зусиль, що сприймаються обмежуючим пристроєм, залежно від зміни рушійної сили, відстані, коефіцієнта в'язкого тертя демпфера, коефіцієнта тертя, при різних співвідношеннях мас і наступних значеннях:

$$m_1 = 100 \frac{Hc^2}{M}; \quad c = 50 \frac{KH}{M}; \quad \nu_{II} = 100 \frac{Hc}{M}; \quad (X_{ICB}^{нов} - \ell_{II}) - X_{II} = l^* = 0,1 \text{ м};$$

$$P_T = 1500 \text{ Н}; \quad \nu_T = 0,02, \quad f_{TB} = 0,2.$$

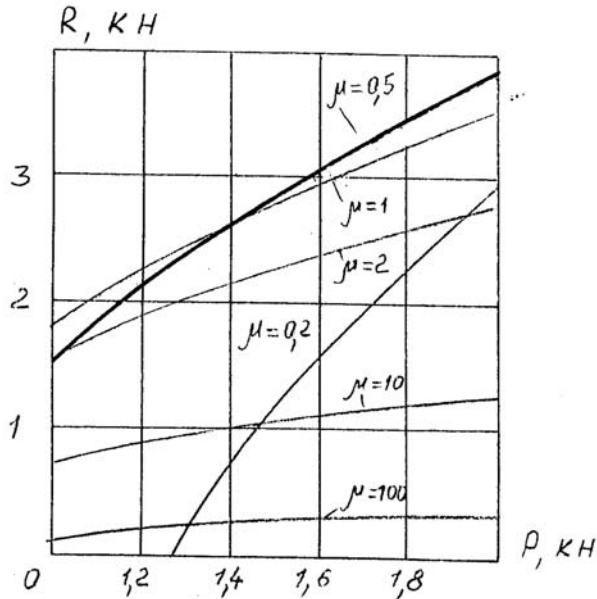


Рис. 3. Залежність динамічних зусиль, що сприймаються обмежуючим пристроєм від рушійної сили  $P_T$  при різних співвідношеннях мас  $\mu = \frac{m_T}{m_B}$

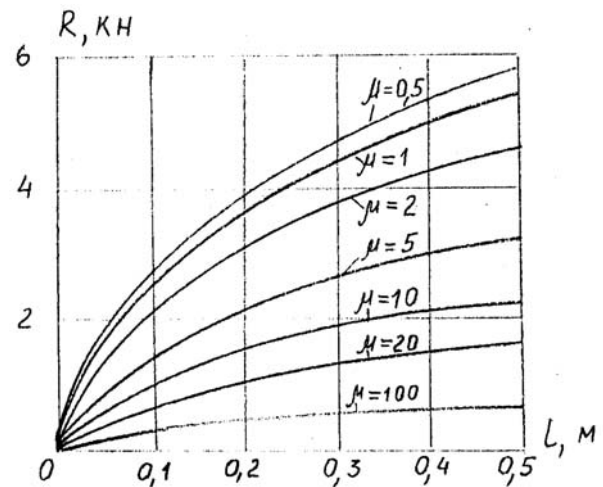


Рис. 4. Залежність динамічних зусиль  $R$  від відстані при різних співвідношеннях

$$\mu = \frac{m_T}{m_B}$$

Розрахунки показують, що максимальні динамічні зусилля, сприйняті обмежуючими пристроями, при розгоні транспортних засобів зростають із збільшенням рушійної сили  $P$ , відстані, із зменшенням співвідношення  $\mu = \frac{m_T}{m_B}$  (рис. 3, 4) і зменшуються із збільшенням коефіцієнта в'язкого тертя демпфера, коефіцієнта тертя  $f$  (рис. 5, 6).

З графіків на рис. 3 і 5 видно, що динамічні навантаження обмежуючого пристрою в період розгону при транспортуванні вантажів відбуватимуться не завжди, а визначаються умовами, які виходять з рівняння:

$$P > g(m_T + m_B)(\nu_T + f_{TB})$$

$$C_{II} > \nu_{II}^2 \cdot \frac{m_T + m_B}{4 \cdot m_T \cdot m_B}$$

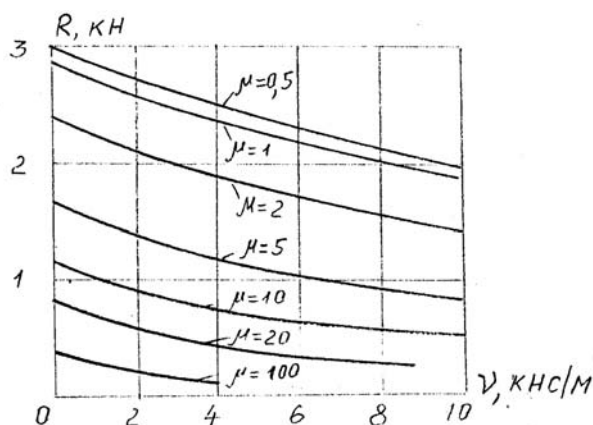


Рис. 5. Залежність динамічних зусиль в'язкого тертя демпфера  $\nu_{\Pi}$  при різних

$$\mu = \frac{m_T}{m_B}$$

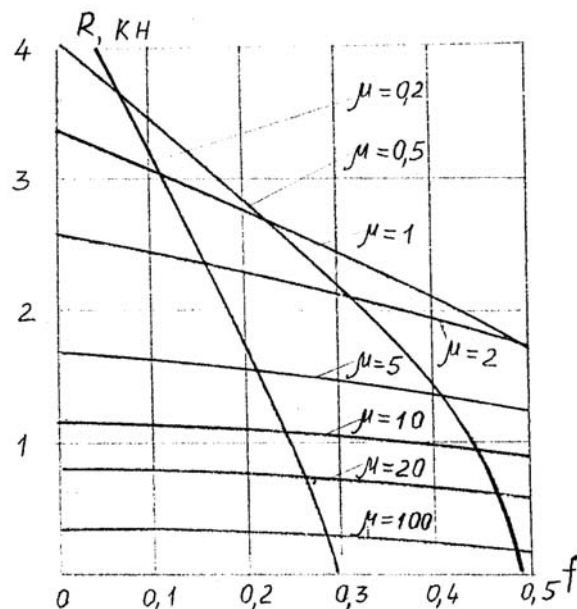


Рис. 4. Залежність динамічних зусиль  $R$  від відстані при різних співвідношеннях

$$\mu = \frac{m_T}{m_B}$$

## Висновки

У випадках, коли вантаж складно нерухомо закріпити, доцільно використовувати пружно демпфірувальні пристрої, що розташовані на бортах кузова.

Механічні характеристики цих пристроїв бажано вибирати в зонах, які забезпечують оптимальні динамічні навантаження типових вантажів, що перевозяться даним транспортним засобом.

Одержані аналітичні вирази разом з відомими програмними середовищами розв'язку математичних задач на ЕОМ дають можливість підвищити ефективність проектування пристроїв для обмеження динамічних навантажень при транспортуванні незакріплених вантажів. Кілька наведених графіків вже дають можливість судити про вплив окремих параметрів пружно-демпфірувальних пристроїв на динамічні перевантаження незакріплених вантажів при їх транспортуванні.

## Список літератури

1. Раус Э.Дж. Динамика систем твердых тел. М: Наука, 1983. Т 1. 463 с.
2. Иванов А.П. Динамика систем с механическими соударениями. М.: Междунар. программа образования, 1997. 336 с.
3. Битюрин А.А., Манжосов В.К. Моделирование продольного удара однородным стержнем при неударивающих связях. Ульяновск: Вестник УлГТУ, 2005, №3, с. 67–71.
4. Хади Н.Х., Терезин В.А. К вопросу о пространственном ударе сложной стержневой системы. Санкт-Петербургский государственный технический университет: Материалы межвузовской научной конференции: XXIX Неделя науки СПбГТУ. 2001, ч. III: с. 46.
5. Крижевич С.Г. Структурная устойчивость инвариантных множеств виброударных систем//Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. Вып. 1. С. 55–61.
6. Савельев Ю.Ф. Метод эффективной виброзащиты подвижного состава и экипажа на основе дополнительных механических устройств со знакопеременной упругостью: Монография. — Омск:, Омский гос. Ун-т путей сообщения, 2003. — 107 с.

7. Технологии защиты от вибрационного воздействия различных объектов и систем, 2001. Институт технической механики НАНУ и НКАУ.
8. Зотов А.Н. «Виброизолятор нелинейного принципа действия». Механика и процессы управления, т. 2. труды XXXIV Уральского семинара по механике и процессам управления, Екатеринбург, 2004 г., 435 с.
9. Зотов А.Н. «Виброизоляторы с квазиулевыми жесткостями». Научно-технический и производственный сборник статей III международной научно-технической конференции «Вибрация машин, снижение, защита», Донецк, 23–25 мая 2005 г. 80 с.
10. Дегтяренко И.В. «Автоматизированная система контроля и управления технологическим комплексом производства машин возвратно-поступательного действия с низкой виброакустической активностью» — Рукопись. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07—«Автоматизация технологических процессов». — Донецкий государственный технический университет, г. Донецк, 2001 г.
11. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. М.: Высшая школа, 1980, 408 с.
12. Комаров М.С. Динамика механизмов и машин. М.: Машиностроение, 1969, 293 с.
13. Пановко Я.Г. Введение в теорию механического удара. М.: Наука, 1977, 232 с.
14. Викович И.А. Об одном случае упругого удара. Рукопись депонирована в ГРНТБ УкрНИИТИ №2667, Київ: 1981, 11 с.
15. Викович И.А. Об одном случае виброзащиты при транспортировании незакрепленных грузов. Рукопись депонирована в ГРНТБ УкрНИИТИ №3094, Київ: 1981, 9 с.
16. Кирьянов Д.В. Mathcad 14. — СПб.: БВХ-Петербург, 2007. — 704 с.: ил.+ Видеокурс (на CD-ROM) — (В подлиннике).

*Аннотация.* Рассмотрен способ защиты незакрепленного груза в кузове транспортного средства при его движении.

*Abstract.* The way of protection of unfixed cargo at its transportation is considered in the paper.

Статья надійшла до редакції 12.03.2008 р.

УДК 625.72:656.11

Л. С. АБРАМОВА, к.т.н., доц., Н. С. ЧЕРНОБАЕВ, асп.,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

## ПРОГРАММНАЯ СРЕДА КООРДИНИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ

*Рассмотрены проблемы функционирования автоматизированных систем управления дорожным движением в городах. Обоснована целесообразность введения координированного управления дорожным движением на магистралях городов. Предложена структура программного комплекса моделирования координированного управления транспортными потоками.*

### Введение

В Украине характерна тенденция тяготения населения к большим городам, поэтому основная масса автомобилей накапливается в пределах городских территорий, вызывая существенные трудности в организации дорожного движения и обеспечении его безопасности. Резкое снижение скорости движения, ограниченное количество мест кратковременной и длительной стоянки автомобилей, загрязнение окружающей среды, транспортный шум и рост количества дорожно-транспортных происшествий представляют основные негативные последствия интенсивной автомобилизации и характерны для многих городов.

### **Анализ последних исследований**

В настоящее время наблюдается существенное несоответствие пропускной способности магистралей городов и интенсивности транспортных потоков. Постоянное усложнение условий функционирования автотранспортного комплекса требует непрерывного совершенствования методов и средств управления движением. Решением задачи обеспечения эффективного функционирования транспортной сети современного города в условиях повышенного уровня автомобилизации, является разработка и внедрение систем управления дорожным движением [1].

Применение систем координированного управления режимом работы светофорных объектов, в рамках систем управления дорожным движением, позволит повысить эффективность функционирования улично-дорожной сети без существенных материальных затрат, связанных с изменением ее топологии.

Современная автоматизированная система управления дорожным движением представляет собой комплекс технических и программных средств, управляемых человеком и компьютером. Автоматизированная система должна обеспечивать сбор, хранение и обработку информации о транспортных потоках и состоянии улично-дорожной сети (УДС) города, а также определять параметры управления дорожным движением [2].

В последние годы, большое внимание уделялось проблеме обеспечения автотранспортного комплекса городов техническими средствами регулирования дорожного движения. Системные решения данной проблемы были предложены как отечественными, так и зарубежными производственными предприятиями. Широко известны такие автоматизированные системы управления дорожным движением: «Ариадна-А», «Комкон-СПОД», «Simatic Process Control System 7», «Старт-КВИН», «СТАРТ», «Думка». Однако, особенностью применения данных комплексов технических средств управления дорожным движением является необходимость определения и передачи на них управляющих параметров, полученных на основании информации о текущем состоянии транспортного потока и улично-дорожной сети.

### **Постановка задачи**

Определение управляющих параметров координированного управления транспортными потоками требует как оперативности, так и точности. Достичь требуемых результатов возможно путем автоматизации процесса определения параметров с применением программного комплекса, который позволит существенно уменьшить время и увеличит точность выработки управляющих воздействий, а также позволит систематизировать информацию о разработанных программах координации и обеспечит совмещение структур и типов, данных при передаче управляющих параметров в АСУДД.

### **Основной раздел**

Применение специализированной программной среды при расчете программ координации дает возможность объединения в единую систему не только малых групп перекрестков, но и участков координации магистралей общегородского значения большой протяженности, а также позволяет оперативно реагировать на изменение интенсивности транспортных потоков в течение суток и формировать «пакет» программ координации в сжатые сроки.

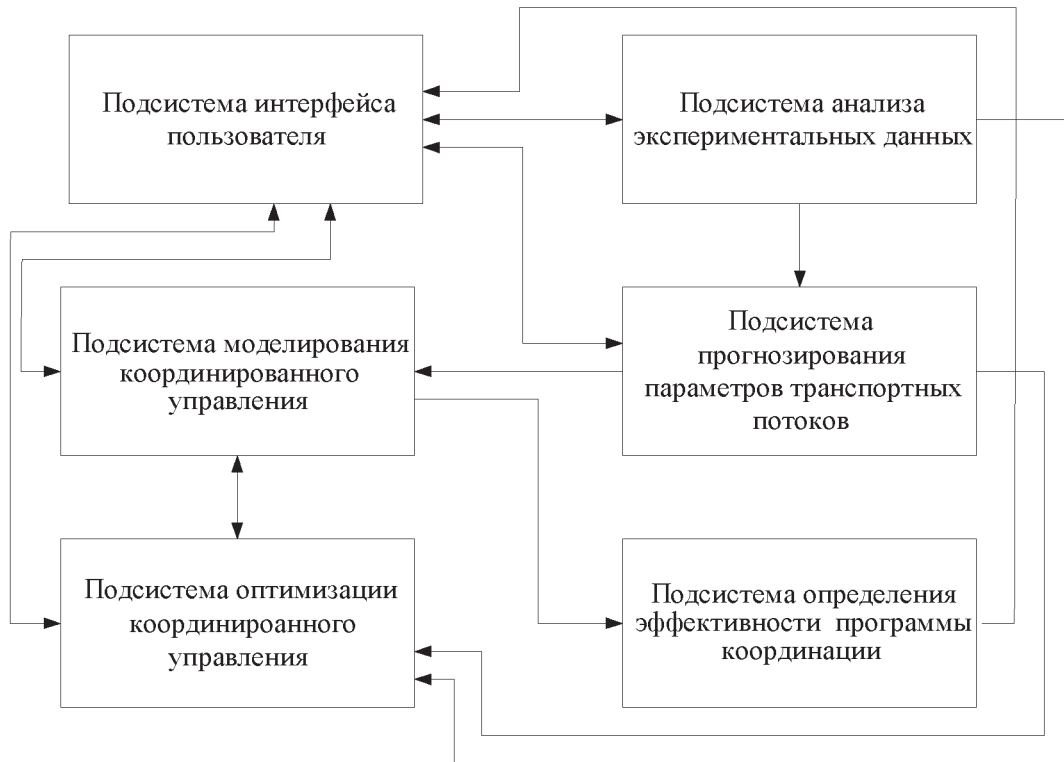
Целью создания программного комплекса определения параметров управления дорожным движением является повышение эффективности управления транспортными потоками на городских магистралях путем определения оптимальных параметров координированного управления, согласно выбранному критерию.

Разработанная программная среда имеет модульную структуру. Это позволяет, при необходимости, расширять ее путем добавления новых модулей к существующей системе без существенных изменений в структуре данных и связях между функциональными блоками программы [3].

Структура программного комплекса включает в себя следующие элементы:

- подсистему интерфейса пользователя;
- подсистему анализа экспериментальных данных;
- подсистему моделирования координированного управления;
- подсистему оптимизации координированного управления;
- подсистему прогнозирования параметров транспортных потоков;
- подсистему определения эффективности программы координации.

Структурная схема взаимосвязи элементов программной среды представлена на рисунке 1.



**Рис. 1. Структурная схема программной среды**

Каждая из подсистем программного комплекса представляет собой отдельный программный модуль, который характеризуется строго определенной структурой данных, структурой объектов, набором внутренних процедур и протоколом взаимодействия с другими подсистемами.

Единая структура данных программного комплекса предусматривает взаимодействие с элементами автоматизированных систем управления дорожным движением и позволяет производить автоматическую передачу управляющих параметров в соответствии с требованиями интерфейса и протокола передачи данных программной среды системы управления. Это достигается путем применения унифицированного протокола передачи данных.

Взаимодействие подсистем программной среды осуществляется под управлением оператора при помощи подсистемы интерфейса пользователя, предназначенной для интерактивного управления процессом определения управляющих параметров дорожного движения. С помощью этой подсистемы обеспечивается интуитивно понятный доступ к

настройкам программы, ввод экспериментальных данных, имитационное моделирование режима координации, управление аналитическими расчетами и интерпретация полученных результатов, связанные с остальными элементами программной среды.



## Выводы

Предложенная структура программной среды для расчета программ координации позволяет обеспечить оперативный и эффективный процесс определения управляющих параметров, с целью дальнейшей их реализации в автоматизированных системах управления дорожным движением.

## Список литературы

1. Кликовштейн Г.И. Организация дорожного движения. — М.: Транспорт, 1990. — 192 с.
2. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения. — М.: Транспорт, 1999. — 255 с.
3. Дэвид А.М., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования. — М.: Мир, 2002. — 264 с.

*Анотація.* Розглянуті проблеми функціонування автоматизованих систем управління дорожнім рухом у містах. Обґрунтована доцільність ведення координованого управління дорожнім рухом на магістралях міст. Запропонована структура програмного комплексу моделювання координованого управління транспортними потоками.

*Abstract.* Functioning problems of computer control system of city traffic have been examined. Practicability of introduction of city traffic coordinated control on main roads of cities has been proved. The structure of bundled software of coordinated control modeling of traffic flows has been suggested.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2008 р.

УДК 629.113

Д. В. САВЕНОК, ас. АДІ ДВНЗ ДонНТУ

## РОЗРОБКА КРИТЕРІЮ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЯ ПІДВИЩЕНОЇ ПРОХІДНОСТІ

*Запропоновано інтегральний критерій екологічної безпеки та цільова функція вибору енергоустановки для автомобілів підвищеної прохідності, що дозволяє оцінювати техніку — економічні властивості автомобілів підвищеної прохідності з різними енергоустановками в експлуатаційних умовах.*

### Постановка проблеми

Сьогодні в Україні автотранспорт є джерелом 90–95% викидів шкідливих речовин у районах найбільшого зосередження людей і відповідальним за вкрай несприятливу екологічну ситуацію у багатьох містах України [1]. Крім того, вичерпання запасів нафтових палив, різке підвищення світових цін на нафту свідчить про необхідність терміново вживати адекватні заходи, щоб скоротити витрати палива автомобільним транспортом.

Надшвидкими темпами зростає рівень автомобілізації України [1]. І в цьому числі збільшується кількість автомобілів підвищеної прохідності, які основний час експлуатуються на дорогах з твердим покриттям, але має місце пробіг в умовах бездоріжжя, зокрема з деформованими поверхнями, що суттєво змінює реальні експлуатаційні витрати палива [2, 3].

Таким чином, основними техніко — економічними властивостями сучасного автомобіля підвищеної прохідності є паливна економічність, екологічність, тягово — швидкісні властивості

та можливість подолання значних дорожніх опорів. Причому в різних експлуатаційних умовах вагомість окремих показників цих властивостей змінюється.

### Аналіз останніх досліджень

В останніх роботах велика увага приділяється поліпшенню паливної економічності та екологічності дорожніх транспортних засобів [4, 5]. Але для автомобілів підвищеної прохідності є необхідність розглянути ці фактори у сукупності з властивими суто цим ДТЗ техніко-економічними властивостями, такими як прохідність та високі тягово-швидкісні якості, необхідні їм при подоланні важкопрохідних маршрутів.

### Мета статті

Метою статті є розробка інтегрального критерію, який дозволяє оцінювати техніку — економічні властивості автомобілів підвищеної прохідності з різними енергоустановками в експлуатаційних умовах.

### Основний розділ

Для оцінки рівня екологічної безпеки автомобіля підвищеної прохідності з різними ЕУ (енергоустановками), необхідні найбільш інформативні критерії, що здатні порівняти можливі схеми ЕУ для цих автомобілів з точки зору рівня забруднення середовища та ефективності паливовикористання в експлуатаційних умовах. При цьому ці критерії повинні бути універсальними для порівняння різних схем ЕУ з врахуванням умов експлуатації, а також для оцінки відповідності ЕУ сучасним вимогам екологічної безпеки.

З цією метою об'єднаємо окремі критерії ефективності паливовикористання, рівня забруднення середовища, тягово — швидкісні властивості та прохідність у групі, що об'єднують одиночні показники окремих властивостей. В свою чергу групі критерії окремих властивостей об'єднаємо в інтегральні критерії, що призначені оцінити рівень екологічної безпеки ЕУ автомобілів підвищеної прохідності в процесі взаємодії з середовищем.

Цей підхід прийнятний для вибору того чи іншого варіанту конструкції ЕУ чи ДТЗ у визначених умовах, кожний з яких характеризується певною сукупністю значень показників.

В основі підходу лежать задачі визначення узагальненої функції взаємодії ЕУ чи ДТЗ з середовищем. Задачі визначення цієї функції, дослідження та оцінки її екстремумів розділяються на окремі частини, для яких визначаються часткові рішення, а потім результати, що отримано, синтезуються.

Ускладнена можливість використання аналітичних методів для ідентифікації структури цінностей окремих показників. Зазначені цінності можуть розглядатися сумісно з впливом на середовище в неформалізованій процедурі, яка не має тієї логічної та теоретичної основи, що притаманна методології аналізу рішень [6, 7].

Однак, при одночасному порівнянні значень вимірювачів більше 10-12 показників [8], рівень екологічної безпеки ЕУ або ДТЗ, як правило, важко охарактеризувати, як такий, що перевищує базовий або поступається базовому. Тому для описання переваг необхідно використовувати цільову функцію  $\Phi[\mathcal{G}(A_i)]$ , яка визначає порядок надання переваги та характеризує шуканий інтегральний критерій.

Ця функція надає у відповідності кожному значенню  $\chi$  деяке дійсне число  $\mathcal{G}(\chi)$ . Причому  $\chi$  переважне за  $\chi'$  тільки тоді, коли  $\mathcal{G}(\chi) > \mathcal{G}(\chi')$ , а  $\chi$  рівноцінне  $\chi'$  тільки в тому випадку, коли  $\mathcal{G}(\chi) = \mathcal{G}(\chi')$ .

Якщо функція адитивна, то для  $i = 1, \dots, n$  ( $n > 3$ ) одиночних показників цільову функцію для одного типу ДТЗ можна представити у вигляді:

$$\mathcal{G}(\chi_1, \dots, \chi_n) = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot \mathcal{G}_i(\chi), \quad (1)$$

де  $\mathcal{G}_i$  — часткові функції взаємодії, що виражаються значеннями в безрозмірному виразі;  
 $\gamma_i$  — вагові коефіцієнти, що характеризують ціннісні відношення між вимірювачами та задовольняють умові:

$$\sum_{i=1}^n \gamma_i = 1 \quad (2)$$

В залежності від направленості вектора пріоритетів при використанні ДТЗ цільова функція  $j$ -го ДТЗ буде вважатися більш переважною, якщо:

$$\Phi_j = \Phi[\mathcal{G}(A_j)] = \left[ \sum_{i=1}^n \mathcal{G}_i(\chi_{ij}) \right]_{j \in J} \rightarrow \max, \quad (3)$$

де  $j$  — варіант ДТЗ;

$n$  — номер вимірювача.

Задача ідентифікації функції  $\Phi_j$  та кількісної оцінки її значень розділяються на окремі частини, для яких знаходяться часткові рішення, що потім синтезуються, індексуються та аналізуються.

Таким чином, для автомобіля підвищеної прохідності цільова функція буде мати вигляд:

$$\Phi_j = \gamma_1 \frac{B_B}{B_{II}} + \gamma_2 \frac{Q_B}{Q_{II}} + \gamma_3 \frac{V_{II}}{V_B} + \gamma_4 \frac{II_{II}}{II_B} \rightarrow \max, \quad (4)$$

де  $B_B, Q_B, V_B, II_B$  — відповідно базові питомі викиди, витрати палива, тягово — швидкісні властивості та прохідність в  $j$ -х умовах;

$B_{II}, Q_{II}, V_{II}, II_{II}$  — відповідно питомі викиди, витрати палива, тягово — швидкісні властивості та прохідність в  $j$ -х умовах;

$\gamma_i$  — коефіцієнти вагомості техніко — економічних властивостей автомобілів підвищеної прохідності відповідно в міському, магістральному, змішаному циклах та в умовах бездоріжжя ( $\sum \gamma_i = 1$ ).

Як базові питомі витрати можуть виступати кращі питомі витрати ЕУ автомобілів підвищеної прохідності відповідного класу у випадку оцінки рівня паливної економічності досліджуваних схем ЕУ або витрати базової ЕУ для порівняльної оцінки ефективності паливовикористання різних схем ЕУ.

Як базові викиди можуть виступати нормативні викиди для оцінки відповідності сучасним екологічним вимогам або викиди базової ЕУ для порівняльної оцінки різних схем ЕУ.

Прохідність ДТЗ можна оцінити аналітично та експериментально.

При аналітичній оцінці можна використати критерій прохідності [9], що чисельно дорівнює запасу питомої сили тяги за умови зчеплення, яка може бути використана на подолання перешкод, розгін та інших значних дорожніх опорів:

$$II_i = \kappa_\varphi \varphi - f_2 - f_k - f_b - (1 - \kappa_{cu}) f_u, \quad (5)$$

де  $\kappa_\varphi$  — коефіцієнт реалізації зчеплення ведучих коліс з опорною поверхнею. Рекомендації

щодо визначення  $\kappa_\phi$  для автомобілів з різними типами трансмісії наведено у [9] та [10];

$\phi$  — коефіцієнт зчеплення коліс з дорогою;

$f_z$  — коефіцієнт опору ґрунту коченню коліс;

$f_k$  — коефіцієнт опору руху корпусу автомобіля по ґрунту;

$f_b$  — коефіцієнт бульдозерного (нагрібання ґрунту колесом) опору руху коченню коліс по ґрунту;

$\kappa_{сц}$  — коефіцієнт зчпної ваги;

$f_{ш}$  — коефіцієнт опору шини коченню коліс.

Коефіцієнти  $f_k$  та  $f_b$  мають місце на ґрунтах, що сильно деформуються.

Вираз (5) дає чітку уяву про рівень прохідності в визначених ґрунтових умовах.

З тією ж метою можемо використати також вираз

$$P_i = (M_\phi - M_f) / M_\phi \rightarrow (0...1), \quad (6)$$

де  $M_\phi$  та  $M_f$  — відповідно моменти зчеплення коліс з ґрунтом та момент опору коченню.

Цей показник дає уяву про ступінь використання моменту зчеплення коліс з ґрунтом та відносну частину цього моменту, що залишається у резерві.

Для оцінки техніко — економічних властивостей автомобілів підвищеної прохідності в різних умовах експлуатації широко використовується математичне моделювання із застосуванням експериментальних характеристик двигунів [3, 4].

Для визначення коефіцієнтів вагомості найбільш розповсюдженим є метод експертних оцінок, у відповідності з яким кожен експерт виконує упорядковування часткових цілей або вимірювачів у відповідності з встановленою головною ціллю. Перший за важливістю вимірювач одиночного показника отримує відповідний ранг і так далі. Кожному вимірювачу в ранжированому ряді присвоюється кількісна оцінка (бали, очки).

Для відносної оцінки значень вимірювачів однойменних показників будь — якої групи ЕУ чи ДТЗ, що розглядається, використовується метод рівневих коефіцієнтів, який базується на припущенні, що в процесі розробки конструкції об'єкту, що розглядається, значення вимірювачів технічних показників прагнуть наблизитися до еталонних (оптимальних, екстремальних та таке інше).

З використанням цих методів були отримані значення коефіцієнтів вагомості. Їх значення наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

**Значення коефіцієнтів вагомості техніко — економічних властивостей автомобілів підвищеної прохідності (за методом експертних оцінок)**

Показники	Режим руху (маршрут)			
	Міський	Магістральний	Бездоріжжя	Змішаний
Прохідність	0,072	0,061	0,550	0,256
Екологічність (викиди)	0,283	0,210	0,100	0,194
Тягово-швидкісні	0,261	0,367	0,222	0,217
Паливна економічність	0,384	0,361	0,128	0,333

В результаті порівняння достатньо суттєвої сукупності варіантів ЕУ (ДТЗ), що розглядаються, середнє значення наближення і значення вимірювача до відповідного еталону для найбільш значущих показників буде більшим, ніж для менш значущих [8]. Тобто суть методу полягає у визначенні взаємного зв'язку кожного відносного значення вимірювача, що розглядається, з усіма іншими.

## Висновки

З використанням наведених методів визначено групові та інтегральні критерії екологічної безпеки ЕУ та ДТЗ, коефіцієнти вагомості окремих вимірювачів техніко — економічних властивостей автомобілів підвищеної прохідності і сформована узагальнена цільова функція, що відображає взаємодію тих чи інших ЕУ чи ДТЗ і з середовищем і дозволяє провести їх порівняльну оцінку.

## Список літератури

1. Энергетична та екологічна політика на автомобільному транспорті України: шляхи адаптації до законодавства ЄС (за матеріалами круглого столу)//Автошляховик України. -2007. — №5. — С.2–5.
2. Матейчик В.П., Савенок Д.В. До обґрунтування вибору енергоустановки для автомобілів малого класу підвищеної прохідності//Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. — 2006. — № 7 (101). — С. 203–206.
3. Матейчик В.П., Савенок Д.В. Особливості моделювання руху автомобіля підвищеної прохідності в експлуатаційних умовах//Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. — 2007. —№6 (112). — С. 27–33.
4. Сахно В.П., Матейчик В.П., Сітовський О.П. Економічні та екологічні показники автомобіля ЛуАЗ з різними типами двигунів//Вісник ЦНЦ ТАУ. — 2001. —№4.
5. Матейчик В.П. Выбор энергоустановки для дорожного транспортного средства по критериям экологической безопасности//Автомобильный транспорт: Сб. научн. тр. — Харьков, ХНАДУ. -2003. — Вып. 13. С.238–240.
6. Кини Р. Размещение энергетических объектов: выбор решений. Пер. с англ. — М.: Энергоиздат, 1983. — 320 с.
7. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1991. — 224 с.
8. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Экологически чистая автомобильная энергоустановка: понятие и количественная оценка. — М.: ВИНТИ: Автомобильный и городской транспорт. — 1994. — Т18. — 139с.
9. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. — М.: Машиностроение, 1981. — 232 С.
10. Мотін В.І. Дослідження реалізації зчпних можливостей ведучих коліс автомобіля з дорогою//Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. — 2007. -№3. — С. 32–38.
11. ГОСТ 20306–90 Автотранспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний. — М.: Издательство стандартов, 1991.

*Аннотация.* Предложено интегральный критерий экологической безопасности и целевая функция выбора энергоустановки для автомобилей повышенной проходимости, которая позволяет оценивать технику — экономические свойства автомобилей повышенной проходимости с разными энергоустановками в эксплуатационных условиях.

*Abstract.* The integrated criterion of ecological safety and criterion function of choice of power plants for cross-country capacity vehicles which allows to estimate technical and economic properties of cross-country capacity vehicles with different power plants in operational conditions are offered.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2008 р.

Д. Л. МОЙСЯ, асс., Донецкий институт автомобильного транспорта

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ДВУХЗВЕННОГО АВТОПОЕЗДА МЕТОДОМ ПРОДОЛЖЕНИЯ ПО ПАРАМЕТРУ

*Рассмотрена задача определения стационарных режимов двухзвенного автопоезда, состоящего из двухосного тягача и полуприцепа. Определено множество стационарных режимов системы при различных значениях угла поворота колес переднего ряда (рассмотрены случаи, как линейной гипотезы увода, так и нелинейной гипотезы увода). Множество стационарных режимов определялось различными методами: для нелинейной модели с линейной теорией увода — методом продолжения по параметру, для линейной модели получены аналитические зависимости фазовых переменных от угла поворота управляемых колес, для нелинейной модели с нелинейной теорией увода — итерационным методом*

### Введение

Анализ устойчивости прямолинейного движения как линейной, так и нелинейной модели двухзвенного автопоезда достаточно полно отражен в работах [1,2]. Методы анализа нелинейных моделей представлены в [3]. В данной работе представлена программно-вычислительная база, позволяющая исследовать все многообразие стационарных состояний модели автопоезда (использовалась линейная гипотеза увода) при изменении управляемых параметров системы: продольной скорости движения (дискретный параметр); угла поворота колес переднего ряда (непрерывный параметр).

Одной из особенностей данной работы является верификация численного определения стационарных режимов методом продолжения по параметру и оценка погрешности при использовании линейной гипотезы увода (определение области применимости линейной гипотезы увода). Другой особенностью является сопоставление результатов, полученных для линейной и нелинейной моделей автопоезда.

### Цель работы

Определение множества стационарных состояний модели двухзвенного автопоезда при изменении управляемых параметров, используя различные методы. Сравнительный анализ полученных результатов.

### Постановка задачи

Математическая модель автопоезда достаточно полно отражена в работе [4]. Схема конструкции автопоезда приведена на рисунке 1. Вывод дифференциальных уравнений плоскопараллельного движения трехзвенного автопоезда методом сечений представлен в работе [4].

### Основная часть

В работе [5] приведен метод продолжения по параметру, который может быть применен для определения всего множества стационарных режимов.

Предположим, что имеется ветвь стационарных состояний, выходящая из некоторой (стартовой) точки четырехмерного пространства  $(u, \omega, \varphi, \theta)$ , тогда все фазовые переменные, отвечающие стационарным режимам (вместе с дополнительной переменной  $\theta$ ), являются координатами точек этой кривой. Параметризуем ее длиной дуги  $s$

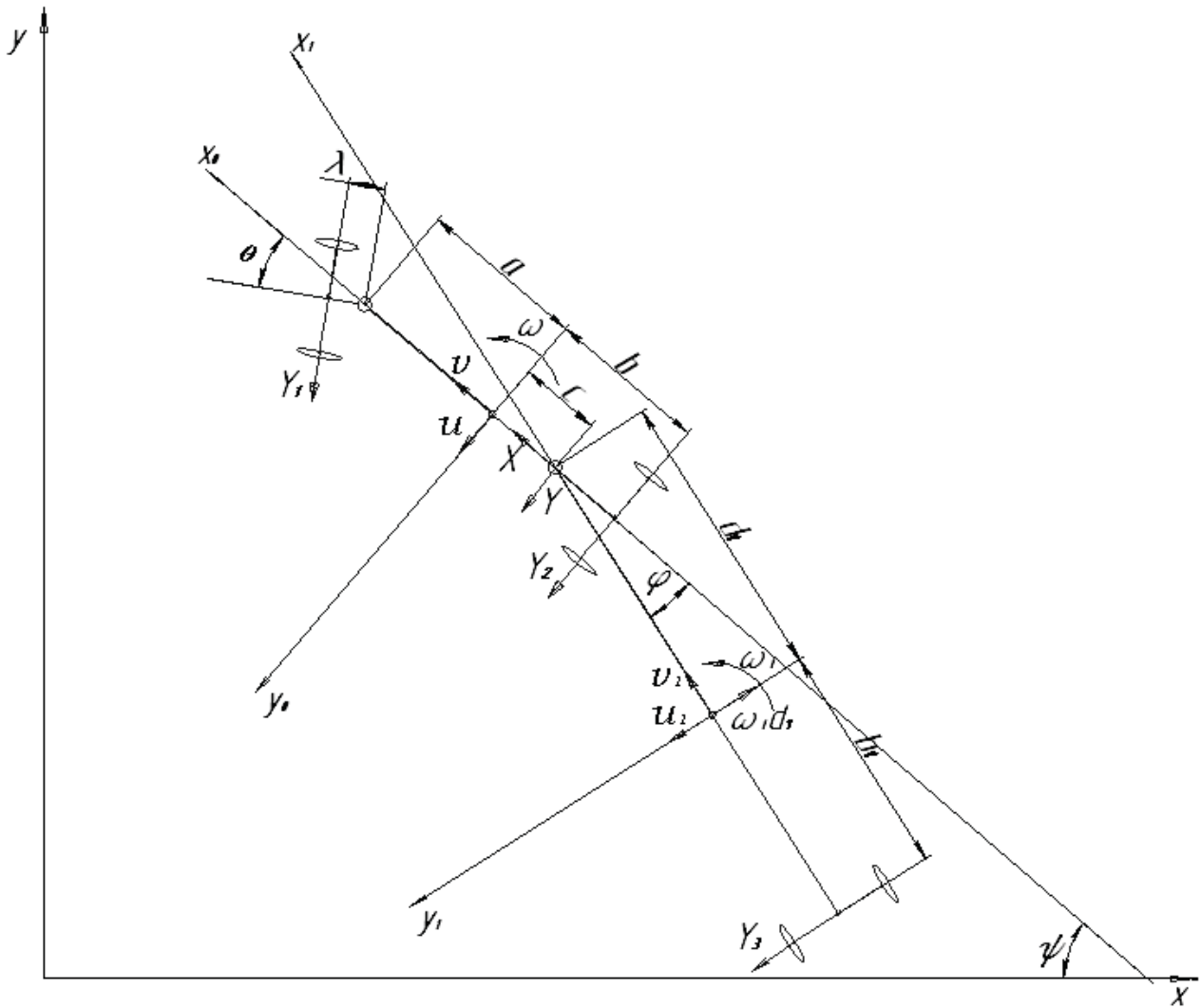


Рис.1. Схема конструкции автопоезда и его кинематические параметры

$$(ds = \sqrt{(du)^2 + (d\omega)^2 + (d\phi)^2 + (d\theta)^2}).$$

В этом случае можно построить вспомогательную систему дифференциальных уравнений (по числу фазовых переменных и дополнительной переменной  $\theta$ ) — она задает скорости фазовых переменных от натурального параметра длины дуги кривой стационарных режимов (модуль скорости при движении по этой кривой тождественно равен единице

$$\sqrt{(du/ds)^2 + (d\omega/ds)^2 + (d\phi/ds)^2 + (d\theta/ds)^2} = 1.$$

Приведем пример построения кривой действительных решений квадратного уравнения при изменении одного параметра ( $x$ ), используя метод продолжения по параметру. Пусть задано уравнение:

$$x^2 + y^2 - 1 = 0.$$

Множество действительных решений этого уравнения можно представить в виде неявной функции  $G(x,y)=0$ . В плоскости  $(x, y)$  она представляет некоторую кривую, проходящую через точку (очевидное решение уравнения  $\{x=0, y=1\}$ ). Параметризуем кривую натуральным параметром — длиной дуги  $s$  ( $ds = \sqrt{dx^2 + dy^2}$ ). При движении вдоль этой кривой  $dG(x,y)=0$ , тогда для скоростей изменения переменных  $x$  и  $y$  получим соотношения:

$$\frac{dG}{ds} = \frac{\partial G}{\partial x} \frac{dx}{ds} + \frac{\partial G}{\partial y} \frac{dy}{ds} = 0.$$

В качестве решений, удовлетворяющих предыдущему уравнению, возьмем

$$\frac{dx}{ds} = \lambda \frac{\partial G}{\partial y}; \quad \frac{dy}{ds} = -\lambda \frac{\partial G}{\partial x}.$$

Эти скорости связаны соотношением  $\left(\frac{dx}{ds}\right)^2 + \left(\frac{dy}{ds}\right)^2 = 1$ , тогда для параметра  $\lambda$  можно получить выражение  $\lambda = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\partial G}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)^2}}$ . Таким образом получим вспомогательную систему дифференциальных уравнений, реализующую метод продолжения по параметру  $x$ .

$$\frac{dx}{ds} = \frac{\frac{\partial G}{\partial y}}{\sqrt{\left(\frac{\partial G}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)^2}}; \quad \frac{dy}{ds} = -\frac{\frac{\partial G}{\partial x}}{\sqrt{\left(\frac{\partial G}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial G}{\partial x}\right)^2}}.$$

Стартовая точка определяет начальные условия при интегрировании. При численном интегрировании получим всю кривую действительных корней уравнения

$$x^2 + y^2 - 1 = 0.$$

### Результаты численного анализа модели двухзвенного автопоезда

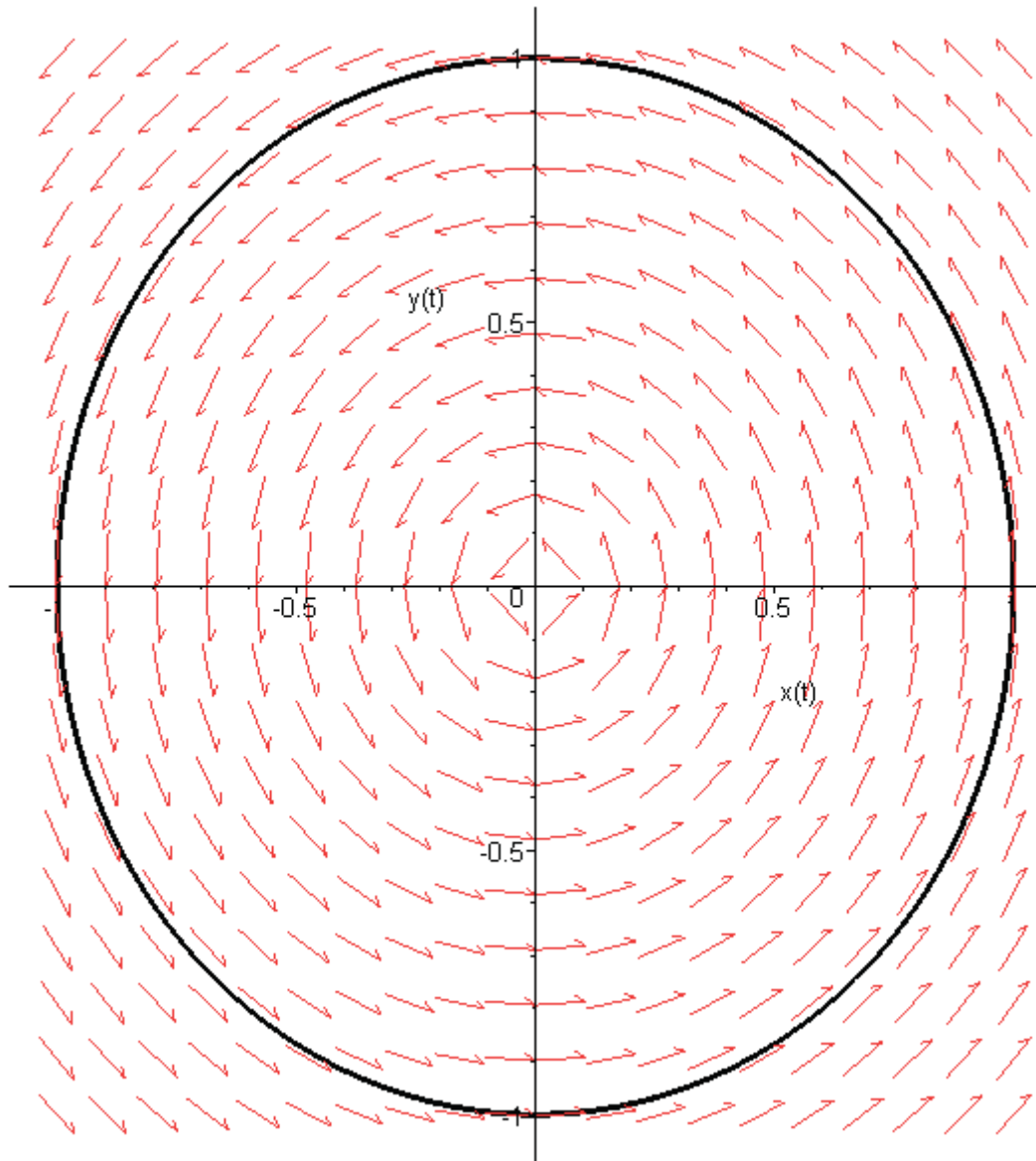
При численном интегрировании использовался пакет «Maple».

### Нахождение множества стационарных режимов движения

Стационарным решениям (состояниям равновесия, особым точкам, точкам покоя)  $\omega=\text{const}$ ,  $\varphi=\text{const}$ ,  $u=\text{const}$  системы (реализуются при  $v=\text{const}$  и  $\theta=\text{const}$ ) отвечают круговые траектории всех точек двухзвенника в плоскости дороги. Стационарному решению  $\omega=0$ ,  $\varphi=0$ ,  $u=0$  соответствует прямолинейная траектория в плоскости дороги.

Параметры системы:  $v$  — продольная составляющая скорости центра масс тягача;  $a$ ,  $b$  — расстояние от центра масс тягача до дочек крепления передней и задней осей тягача;  $c$  — расстояние от центра масс тягача до дочки сцепки с задним звеном;  $d_1$  — расстояние от центра масс полуприцепа до точки сцепки;  $b_1$  — расстояние от центра масс полуприцепа до задней опоры;





**Рис. 2. Окружность (построена с использованием метода продолжения по параметру)**

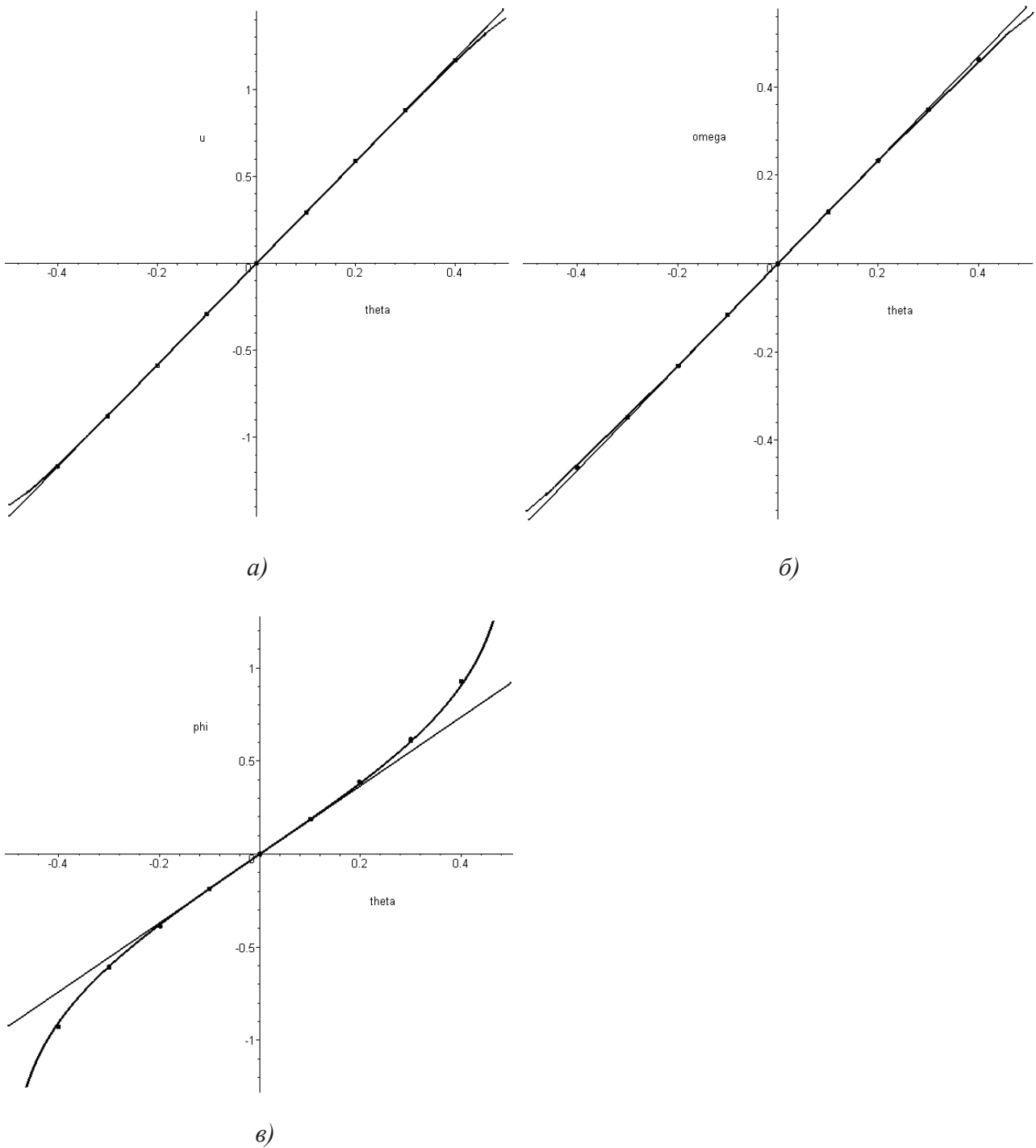
коэффициенты увода на осях ( $k_1, k_2, k_3$ ); коэффициенты сцепления при определении боковых сил увода ( $\chi_i$ ); устанавливаемый угол поворота колес управляемого модуля  $\theta$ , приведенная боковая реакция полотна дороги на опорных осях тягача и полуприцепа ( $Y_1, Y_2, Y_3$ ). Обозначим  $m, m_1$  - массы звеньев,  $I, I_1$  - центральные моменты инерции относительно соответствующих вертикальных осей,  $\varphi$  - угол складывания (заклучен между продольными осями тягача и полуприцепа).

Задание параметров системы:

$m = 6500$  кг,  $m_2 = 36500$  кг,  $a = 0,4$  м,  $b = 3,2$  м,  $c = 2,7$  м,  $b_1 = 2,8$  м,  $d_1 = 5,4$  м,  $v = 4,5$  м/с,

$k_1 = 160000$  Н,  $k_2 = 326000$  Н,  $k_3 = 365000$  Н,  $J = 0,35 \cdot mab$  кг м<sup>2</sup>,  $J_1 = 0,8m_1d_1b_1$  кг м<sup>2</sup>,  $\chi_i = 0,8$   
 Значения параметров взяты те же, что и в работе [4].

Ниже представлены результаты численного интегрирования моделей автопоезда при значении продольной скорости  $v = 4,5$  м/с.



**Рис. 3. Кривые стационарных состояний движения двухзвенного автопоезда**

На рисунке 3 представлены множества стационарных режимов, определенные различными методами при одинаковых параметрах: кривые линии представляют собой стационарные режимы нелинейной модели автопоезда с линейной гипотезой увода (построены методом продолжения по параметру); прямые линии — стационарные режимы линейной модели автопоезда; точками обозначены стационарные режимы нелинейной модели с нелинейной гипотезой увода автопоезда (получены итерационным методом).

Аналитические зависимости фазовых переменных от угла поворота колес переднего ряда для линейной модели имеют вид:

$$\omega := -k_2 k_1 \theta v (d_1 a + b b_1 + d_1 b + b_1 a) / (k_1 a d_1 m v^2 - 2 k_1 a d_1 k_2 b + k_1 a b_1 m v^2 + k_1 a b_1 v^2 m_1 - 2 k_1 a b_1 k_2 b - k_2 b d_1 m v^2 - k_2 b b_1 m v^2 - k_2 b b_1 v^2 m_1 + c k_1 b_1 v^2 m_1 + c k_2 b_1 v^2 m_1 - d_1 k_1 k_2 b^2 - d_1 k_2 k_1 a^2 - b_1 k_1 k_2 b^2 - b_1 k_2 k_1 a^2);$$

$$u := (c b_1 v^2 m_1 - a d_1 k_2 b + a b_1 v^2 m_1 - a b_1 k_2 b - d_1 k_2 b^2 + a d_1 m v^2 + a b_1 m v^2 - b_1 k_2 b^2) k_1 \theta v / (k_1 a d_1 m v^2 - 2 k_1 a d_1 k_2 b + k_1 a b_1 m v^2 + k_1 a b_1 v^2 m_1 - 2 k_1 a b_1 k_2 b - k_2 b d_1 m v^2 - k_2 b b_1 m v^2 - k_2 b b_1 v^2 m_1 + c k_1 b_1 v^2 m_1 + c k_2 b_1 v^2 m_1 - d_1 k_1 k_2 b^2 - d_1 k_2 k_1 a^2 - b_1 k_1 k_2 b^2 - b_1 k_2 k_1 a^2);$$

$$\phi := -k_1 \theta (2 k_2 k_3 d_1 b_1 a - k_3 d_1 k_2 b^2 - k_3 b_1 k_2 b^2 + k_2 k_3 d_1^2 a + k_2 k_3 d_1^2 b + k_2 k_3 b_1^2 b + k_2 k_3 b_1^2 a + k_3 c b_1 v^2 m_1 - k_3 a d_1 k_2 b + k_3 a b_1 v^2 m_1 - k_3 a b_1 k_2 b + k_3 a d_1 m v^2 + k_3 a b_1 m v^2 + k_2 k_3 c d_1 a + k_2 k_3 c b b_1 + k_2 k_3 c d_1 b + k_2 k_3 c b_1 a + 2 k_2 k_3 d_1 b b_1 - k_2 v^2 m_1 d_1 a - k_2 v^2 m_1 d_1 b) / (k_3 (k_1 a d_1 m v^2 - 2 k_1 a d_1 k_2 b + k_1 a b_1 m v^2 + k_1 a b_1 v^2 m_1 - 2 k_1 a b_1 k_2 b - k_2 b d_1 m v^2 - k_2 b b_1 m v^2 - k_2 b b_1 v^2 m_1 + c k_1 b_1 v^2 m_1 + c k_2 b_1 v^2 m_1 - d_1 k_1 k_2 b^2 - d_1 k_2 k_1 a^2 - b_1 k_1 k_2 b^2 - b_1 k_2 k_1 a^2));$$

Анализируя рисунок 3 можно прийти к заключению, что вблизи нулевого решения ( $\omega=0$ ,  $\phi=0$ ,  $u=0$ ) кривая стационарных состояний практически прямолинейна. Эта прямолинейность четко прослеживается на всех траекториях рисунка 3 в пределах изменения угла поворота  $-0,2 < \theta < 0,2$ .

Исследуя нелинейную модель автопоезда, определим стационарные режимы итерационным методом при некоторых значениях угла поворота из ранее приведенного интервала.

Так значениям  $v=4,5$  м/с и  $\theta=-0,1$  рад соответствует стационарный режим

$$\{\omega^* = -0,11706 \text{ рад/с}; \phi^* = -0,18599 \text{ рад}; u^* = -0,29206 \text{ м/с}\}$$

На прямых стационарных режимах (рис. 3) тем же значениям управляющих параметров соответствуют следующие значения фазовых переменных

$$\{\omega^* = -0,12 \text{ рад/с}; \phi^* = -0,186 \text{ рад}; u^* = -0,29 \text{ м/с}\}$$

Очевидно, что результаты практически совпадают. Для достоверности проанализируем еще одну точку более удаленную от нулевого решения.

Значениям  $v=4,5$  м/с и  $\theta=0,2$  рад соответствует стационарный режим

$$\{\omega^* = 0,23325 \text{ рад/с}; \phi^* = 0,38298 \text{ рад}; u^* = 0,58581 \text{ м/с}\}$$

На прямых стационарных режимах (рис.3) тем же значениям управляющих параметров соответствуют следующие значения фазовых переменных

$$\{\omega^* = 0,234 \text{ рад/с}; \varphi^* = 0,383 \text{ рад}; u^* = 0,586 \text{ м/с}\}$$

Значения стационарных режимов линейной и нелинейной моделей автопоезда совпадают с достаточно большой точностью в окрестности нулевого решения.

Погрешность результатов при введении линейной гипотезы увода просматривается только при значении  $|\theta| > 0,4 \text{ рад}$  (в пределах интервала  $-0,4 < \theta < 0,4$  точки на рисунках укладываются на кривой).

### Выводы

Определено множество стационарных режимов для линейной и нелинейной моделей двухзвенного автопоезда. Так же определено несколько стационарных режимов нелинейной модели автопоезда итерационным методом.

Анализируя значения фазовых переменных полученных режимов можно прийти к заключению, что вблизи прямолинейного движения (интервал  $-0,2 < \theta < 0,2$ ), линейная модель может полностью заменять нелинейную без искажения результатов численного анализа.

В пределах изменения угла поворота  $-0,4 < \theta < 0,4$ , при введении в математическую модель автопоезда линейной гипотезы увода, погрешность результатов определения стационарных режимов не возникает.

### Список литературы

1. Лобас Л.Г., Вербицкий В.Г. Качественные и аналитические методы в динамике колесных машин. — Киев: Наук. думка, 1990. — 232 с.
2. Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля. — М.: Машиностроение, 1975. — 216с.
3. Холоднюк М., Клич А., Кубичек М., Марек М. Методы анализа нелинейных математических моделей. — М.: Мир, 1991. — 368с.
4. Мойся Д.Л., Бумага А.Д. Определение маневренности и анализ устойчивости движения модели седельного автопоезда//Віст. Донецьк. ін — ту автомоб. трансп.: Сб. наук. пр. — 2007. — Вып. 3. — С.10–19.
5. Shinohara Y. A geometric method for the numerical solution of non-linear equations and its application to non-linear oscillations//Publ. Res. Inst. Math. Sci., Kyoto Univ. 1972. V. 8, №1. P. 13–42.

*Анотація.* Розглянуто завдання визначення стаціонарних режимів двухланкового автопотяга, що складає із двохосьового тягача й напівпричепи. Визначено безліч стаціонарних режимів системи при різних значеннях кута повороту коліс переднього ряду (розглянуті випадки, як лінійної гіпотези відведення, так і нелінійної гіпотези відведення). Безліч стаціонарних режимів визначалося різними методами: для нелінійної моделі з лінійною теорією відведення — методом продовження по параметру, для лінійної моделі отримані аналітичні залежності фазових змінних від кута повороту керованих коліс, для нелінійної моделі з нелінійною теорією відведення — ітераційним методом

*Abstract.* The Considered problem of the determination stationary mode two-tier train, consisting of biaxial tractor and semitrailer. The Certain ensemble stationary mode systems under different importances of the corner of the tumbling travell about front row (the considered events, both linear hypothesis of the evacuation, and nonlinear hypothesis of the evacuation). Ensemble stationary mode was defined by different methods: for nonlinear model with linear theory of the evacuation — a method of the continuation on parameter, for linear model are received analytical dependencies phase variable from corner of the tumbling operated travell about, for nonlinear model with nonlinear theory of the evacuation — iterative method

Стаття надійшла до редакції 22.04.08 р.

*О. А. КРИВОДУБСКИЙ, к.т. н., О. В. ИЛЬЧИШИН, к.т. н., П. А. ЧИКУНОВ,  
Донецкий институт автомобильного транспорта*

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГПО «АРТЕМСОЛЬ»**

*В статье рассмотрены технологические и экономические аспекты деятельности предприятия, предложено формальное представление структуры предприятия, присущего ему портфеля заказов и характеристик выпускаемой продукции. Отображены задачи управления предприятием в трехуровневом управлении, для каждого уровня осуществлена экономическая, физическая и формальная постановка задач, представленных затем в виде функционалов цели каждого уровня.*

### **Постановка проблемы**

Повышение рентабельности производства в условиях ограничения оборотных средств.

### **Анализ литературных источников**

Основы методики разработки систем управления изложены в [1].

### **Постановка задачи**

Осуществить анализ характеристик объекта исследования, определить основные функции управления и разработать функциональную схему системы управления предприятием.

### **Основная часть**

В работе рассмотрена структура предприятия, проведен анализ основной производственной и экономической деятельности, определены задачи, подлежащие автоматизации. ГПО «Артемсоль» является уникальным предприятием, осуществляющим добычу поваренной соли из горного массива. Добытая в шахте соль транспортируется на поверхность, где производится ее переработка в готовую продукцию, которая реализуется в различном виде. Таким образом, структурно предприятие содержит подразделения добычи соли подземным способом (шахта) и надземной переработки добытой соли. Для предприятия, в целом, как юридического лица, необходимо решать задачу планирования, в которой определяются согласованные задания по добыче, переработке и реализации соли. Анализ экономической деятельности предприятия показал, что как и многие предприятия Украины ГПО «Артемсоль» испытывает постоянный дефицит оборотных средств, что ограничивает возможности совершенствования технологии и модернизации оборудования. Эти особенности деятельности предприятия в условиях ограниченности ресурсов выдвигают повышенные требования к затратному механизму экономической и производственной стороны функционирования в современной экономической реальности Украины. Это определяет актуальность разработки автоматизированной системы управления предприятием и принятие плановых решений, которые позволят увеличить оборачиваемость средств предприятия. Рассматривая структуру организации технологических процессов на ГПО «Артемсоль», следует отметить, что задача принятия автоматизированных решений необходима предприятию в целом, а подразделения переработки возможно оснастить автоматической системой управления. Реализация автоматического режима добычного комплекса, устройств транспортировки в шахте и подъема сегодня не осуществима в силу недостаточного уровня механизации. Поверхностный комплекс предприятия получает из шахты добытую

каменную соль дискретно, с помощью скипа. Доставленный продукт помещается в бункер, оснащенный дозатором. В соответствии с портфелем заказов добытый продукт из бункера может в виде солейблоков отгружаться заказчику железнодорожным транспортом. Отгрузка контролируется весами. Кроме этого добытая соль из бункера может отправляться на переработку, что определяет стоимость товарной продукции. Эта особенность должна отражаться в задаче планирования, формируя доходную составляющую плана. Дозатор с весовым устройством осуществляет поставку соли на конвейер, с помощью которого добытая соль различного класса крупности поступает на классификацию. Классификация продукта по крупности осуществляется гравитационным способом на грохоте. Отсев грохота поступает в бункер, откуда согласно портфеля заказов сеяная соль может быть отгружена заказчику непосредственно в железнодорожный вагон, либо через аппарат внесения противослеживающей добавки, что дифференцирует цену отгружаемой продукции. Кроме того, сеяная соль может быть передана с помощью дозатора на конвейер для внесения йодирующей добавки, что также влияет на цену продукции. Движение сеяной соли контролируется весоизмерителями. Крупная фракция классифицированная на грохоте поступает тремя потоками через весы-дозаторы. Более мелкая — зерновая, согласно портфеля заказов отгружается в вагоны с весоизмерением. Крупнокусковая также может быть отгружена в вагон. Основной поток крупной фракции подается на дробление в дробилку и затем на вальцевые мельницы на измельчение. Передача этой соли между агрегатами осуществляется и контролируется весоизмерителями. В зависимости от требований портфеля заказов продукт измельчения — молотая соль через затаровочные устройства, мешкопогрузочную машину и расфасовочно-упаковочный автомат помещается в различные упаковки. Передача молотой соли от йодирующей установки в расфасовку осуществляется конвейерами, а загружается с помощью весодозаторов. Виды отгружаемой за месяц продукции и их долевое соотношение приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Ассортимент продукции**

№ пп	Наименование продукции	Производство, тыс. т	Доля, %
1	Соль молотая неупакованная	1076,1	32,54
2	Соль молотая неупакованная с противослеживающей добавкой	396,2	11,98
3	Соль молотая неупакованная сеяная	8,9	0,27
4	Соль молотая неупакованная сеяная с противослеживающей добавкой	20,6	0,62
5	Соль фасованная	523,7	15,84
6	Соль затаренная в мешки	629,0	19,02
7	Соль затаренная в МКР	396,8	12,00
8	Брикеты	28,3	0,86
9	Соль дробленая зерновая	42,6	1,29
10	Солейблоки	4,8	0,15
11	Йодирование	179,8	5,44

Как следует из анализа производственной деятельности предприятия, потребителю отпускается 15 видов готовой продукции. Отгрузка продукции предусматривает 8 видов фасовки продукции по фракционному составу, предусмотренному технологией, содержащие 7

обобщенных показателей. Кроме этого предусмотрено влияние 2-х видов добавок в основную продукцию и 2-х видов в побочные продукты. Таким образом, ассортимент портфеля ГПО «Артемсоль» может быть представлен 4-х мерной матрицей

$$A = (A_1, A_2, A_3, A_4), \quad (1)$$

где  $A_i, i = \overline{1,4}$  — виды продукции.

Структура технологических переделов предприятия представлена 4 рудниками с незначительными отличиями организационного характера процессов переработки соли и отгрузки готовой продукции. Исходя из этого, структура ГПО «Артемсоль» может быть представлена вектором

$$S = \{S_1, S_2, S_3, S_4\}, \quad (2)$$

где  $S_j, j = \overline{1,4}$  — структуры рудников, входящих в состав предприятия. В свою очередь, структура каждого рудника  $S_j$ , входящего в состав ГПО «Артемсоль», в зависимости от технологической организации производства, может быть представлена в виде вектора

$$S_j = \{S_j^1, S_j^2, S_j^3, S_j^4, \dots, S_j^k\}, \quad (3)$$

где  $k$  — количество технологических переделов каждого рудника.

Изложенные выше особенности деятельности предприятия позволяют сформировать трехуровневую структуру системы управления  $CT = \{CT_m\}$ , где  $CT_m, m = \overline{1,3}$  — структура системы управления. При этом предполагается, что для технической реализации этой системы предусмотрена вычислительная сеть с иерархически-кольцевой организацией. Подсистема верхнего уровня предназначена для управления деятельностью ГПО «Артемсоль», как юридического лица в подчинении задач получения максимальной прибыли. Критерий оптимальности, соответствующий этой экономической постановке задачи может быть представлен в виде

$$J_1 = F(P(A_1), Ц(A_1), S, SS(S_1, A_1)) \rightarrow \max, \quad (4)$$

где  $P(A_1)$  — портфель заказываемой продукции,  $Ц(A_1)$  — стоимость заказываемой продукции,  $SS(S_1, A_1)$  — себестоимость продукции на рудниках.

При этом,  $P(A_1) = P(ГЗ(A_1), ДЗ(A_1), БЗ(A_1))$ , где  $ГЗ(A_1)$  — госзаказ на продукцию,  $ДЗ(A_1)$  — договорные заказы постоянных потребителей,  $БЗ(A_1)$  — заказы биржевые, рыночные, формируемые службой маркетинга.

Критерий (4) предполагает решения задачи планирования на заданный период (месяц, квартал, год). Решение задачи планирования в подчинении этому критерию заключается в определении плановых заданий рудникам, входящих в состав ГПО «Артемсоль», таким образом, чтобы каждый из них выпускал продукцию, заказываемую в портфеле, с наименьшей технологической себестоимостью. Этот критерий может сопровождаться системой динамических ограничений следующего вида:

$$\forall S_j : \begin{cases} \frac{dBP(A_1)}{dt} = \Pi(S_j) \\ \frac{dЗ(A_1)}{dt} = BP(A_j) \end{cases}, \quad (5)$$

где  $ВП(A_1)$  — выпуск продукции вида  $A_1$ ,  $П(S_1)$  — производительность рудника по выпуску продукции,  $З(A_1)$  — затраты на производство,  $ВР(A_1)$  — валовые расходы.

Решением  $PЗ$  задачи (4) будет вектор (6):

$$\forall S_j : PЗ = \{P^*(A_1^*), ВП(A_1^*), S_j^*\}, \quad (6)$$

где  $P^*(A_1^*)$  — позиции портфеля, запланированные к производству на каждом руднике,  $ВП(A_1^*)$  — количество продукции выработанной на каждом руднике,  $S_j^*$  — рудник, для которого составлено плановое задание.

При этом предполагается, что плану соответствует формальное пересечение вида (7)

$$A_{1k}^* \cap A_{1l}^* \neq 0 \quad (7)$$

Плановое задание, определенное при решении задачи (4) в рамках ограничений (5) в виде вектора (6) на каждый рудник. Планирование работы каждого рудника осуществляется системой второго уровня. Экономическая постановка задачи планирования для систем этого уровня предусматривает такую организацию производственного процесса, при которой общие затраты на производство продукции были бы минимальны. Формально эта постановка задачи может быть представлена функционалом вида (8)

$$\forall j : J_{2j} = F(З(S_j^k, A_1^*, A_2, A_3, A_4), ВП(A_1^*)) \rightarrow \min. \quad (8)$$

Решением задачи (8) является вектор вида (9)

$$\forall k : PЗ_j = \{З(S_j^k), ОВП(A_1^*)\}, \quad (9)$$

где  $ОВП(A_1^*)$  - объем выпускаемой продукции. Это решение определяет производственные задания по каждому переделу рудника, реализуемые таким образом, чтобы затраты на производство были бы наименьшими. Решение функционала (9) подчинено ограничениям вида (10)

$$\forall k : ОВП(A_1^*) \geq ВП(A_1^*(A_j^k)). \quad (10)$$

Решение задачи планирования (9) передается системе третьего уровня, реализующей техническое управление производством. Физическая постановка задачи планирования на этом уровне предусматривает организацию производства таким образом, чтобы время технологических пауз в поступлении полупродуктов и продуктов на переделы было минимальным. Формально эта постановка задачи представлена в виде (11)

$$\forall S_j^k : J_{3j}^k = F(ОВП(A_1^*), A_2, A_3, A_4, T(A_1^*)) \rightarrow \min, \quad (11)$$

где  $T(A_1^*)$  — время оценивания поступления сырья или полупродукта на технологическую операцию.

В предложенной трехуровневой организации системы управления рассматривается задача планирования, решение которой определяют производственные задания программы предприятия при условии соподчиненности решений «сверху-вниз». Аналогично, в трехуровневой системе управления предусмотрен оперативный режим управления, при котором отклонения от плановых заданий фиксируются на третьем уровне, интегрируются и передаются «снизу-вверх», а система управления принимает оперативные решения, подчиненные сформированным критериям, решая задачу планирования с учетом невязок «план-факт» по объему и ассортименту выпускаемой продукции.



## Выводы

Научная новизна работы представлена физическими, экономическими и формальными постановками задач планирования и оперативного управления. Практическая значимость работы заключается в том, что такая структура системы управления реализуется на распределенной вычислительной сети, позволяя контролировать и принимать решения на каждом уровне с межкомпьютерным объемом информации.

## Список литературы

1. Кинч Р.Л., Райфа Х. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения. — М.: Радио и связь, 1981. — 560 с.

*Анотація.* В статті розглянуті технологічні і економічні аспекти діяльності підприємства, запропоновано формальне представлення структури підприємства, властивого йому портфеля замовлень і характеристик продукції, що випускається. Відображене завдання керування підприємством в тривірневому правлінні, для кожного рівня здійснена економічна, фізична й формальна постановка завдань, представлених потім у вигляді функціоналів мети кожного рівня.

*Abstract.* In the articles considered technological and of enterprise, incident to him brief-case of orders and descriptions of products which is produced is offered. The task of management an enterprise is represented in a three-level management, for every level the economic, physical and formal raising of tasks presented is carried out then as functional of purpose of every level.

Стаття надійшла до редакції 11.04.08 р.

УДК 691.163:691.168

Д. В. ЧЕРКАШИН, асп., Інститут міського господарства Національного авіаційного університету

## ДОСЛІДЖЕННЯ СТАРІННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ, ЯКІ ПРИГОТОВЛЕНІ НА МІСЦЕВИХ МІНЕРАЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ ПРИ РІЗНОМУ ЧАСІ ПЕРЕМІШУВАННЯ

У роботі виконано аналіз результатів випробувань асфальтобетонних зразків, що пройшли прискорене старіння в апараті штучної погоди ШП 1–3, з метою виявлення залежностей довговічності асфальтобетонних покриттів від зміни температури готування й часу перемішування суміші при застосуванні різних кам'яних матеріалів. Отримано графіки залежності міцності R20 від часу термостативування. Сформульовано висновки про вплив технологічних параметрів приготування асфальтобетонних сумішей і природи кам'яних матеріалів на міцність асфальтобетону

### Актуальність розглянутого питання

При експлуатації автомобільних доріг з асфальтобетонним покриттям установлено, що довговічність експлуатації ділянок доріг, що працюють в однакових умовах відрізняється. Багато шляховиків відносять різницю в довговічності покриттів на рахунок технології готування асфальтобетонних сумішей і природи кам'яних матеріалів. Таким чином, удосконалювання

технологічних параметрів готування органо-мінеральних сумішей і вибір оптимальних матеріалів спрямоване на підвищення довговічності експлуатації дорожніх покриттів, що дозволить значно підвищити якість будівельних і ремонтно-відбудовчих робіт в Україні.

### Аналіз існуючих досліджень і публікацій

Дотепер багато вчених приділяли увагу взаємозв'язку окремих параметрів готування, і технології укладання на загальний техніко-експлуатаційний стан дорожніх покриттів з асфальтобетонних сумішей. На жаль, у даних роботах не одержали належного вивчення взаємозв'язки між окремими параметрами готування органо-мінеральних сумішей на якість дорожніх покриттів — довговічність і працездатність.

### Постановка задачі

З метою встановлення залежності міцносних характеристик від технологічних параметрів готування органо-мінеральних сумішей, різної природи (граніт і вапняк) кам'яних матеріалів, запланована серія експериментів, які дозволять виконати аналіз впливу критеріїв на довговічність дорожніх покриттів. Основними критеріями варіювання прийняті: температура готування асфальтобетонної суміші ( $140\div 200^\circ\text{C}$ ), час перемішування асфальтобетонної суміші ( $1\div 3$  хвилини), кам'яні мінеральні матеріали: гранітні з кар'єру «Мокрянський», вапнякові з кар'єру «Караджа».

### Основний матеріал

Для здійснення досліджень у даній роботі був застосований не стандартний метод дослідження, термостатування зразків у кліматичній камері ШП 1–3 при температурі  $60^\circ\text{C}$  при впливі ультрафіолетового випромінювання й періодичного зрошення водою.

Матеріалом досліджень являлася асфальтобетонна суміш, яка виготовлена на двох видах кам'яних матеріалів — гранітному і вапняковому. Був проведений ряд експериментів з трьома повторами на шуканий параметр R20.

Виконано прискорене старіння зразків протягом 200 годин і 400 годин, у кліматичній камері ШП 1–3 при температурі  $60^\circ\text{C}$ , і періодичному зрошенні водою.

Побудовані залежності зміни межі міцності при стисненні R20, від часу термостатування зразків, які приготовлені при різних температурах і часі перемішування асфальтобетонної суміші в змішувачі асфальтобетонного заводу на вапнякових кам'яних матеріалах (рис. 1–3) та на гранітних матеріалах (рис 4–6). Температура готування  $140^\circ\text{C}$

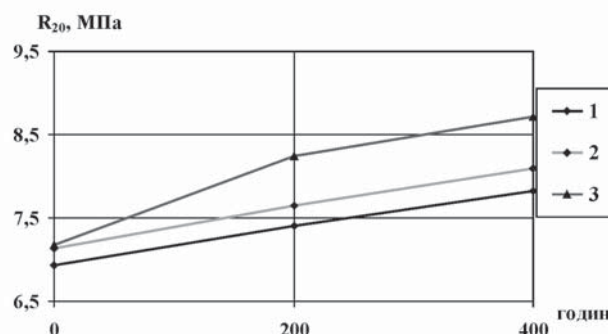


Рис 1. Графік залежності межі міцності при стисненні R20, від часу термостатування в кліматичній камері ШП 1–3, зразків готування  $140^\circ\text{C}$

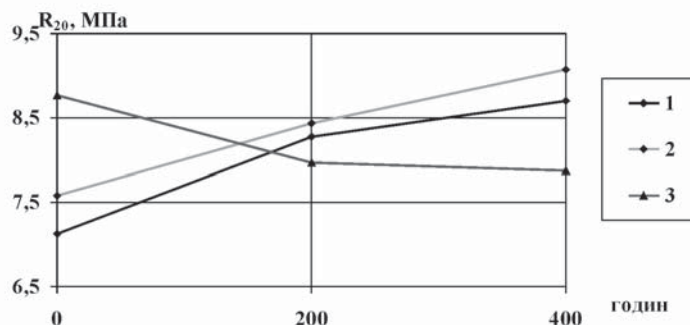


Рис 2. Графік залежності межі міцності при стисненні R<sub>20</sub>, від часу термостатування в кліматичній камері ШП 1–3, зразків готування 170° С

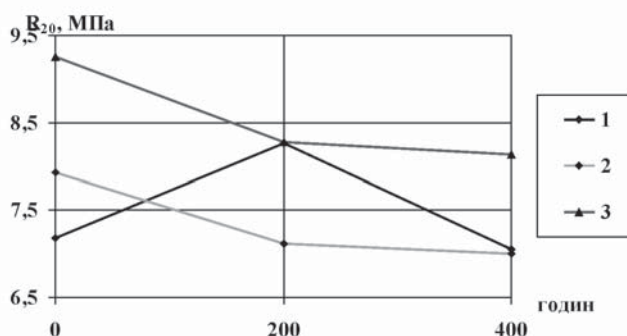


Рис 3. Графік залежності межі міцності при стисненні R<sub>20</sub>, від часу термостатування в кліматичній камері ШП 1–3, зразків готування 200° С

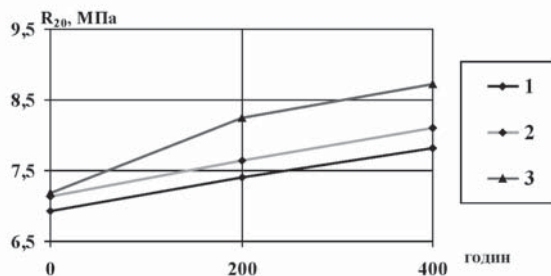
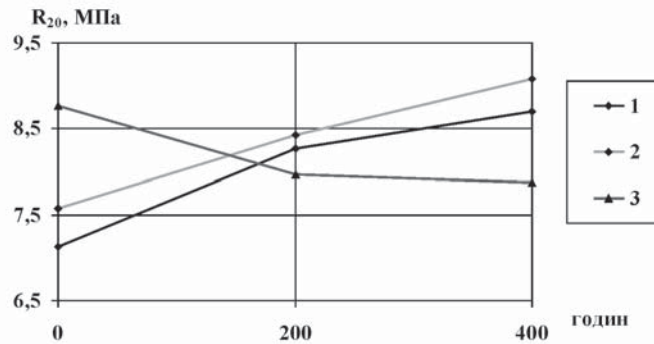
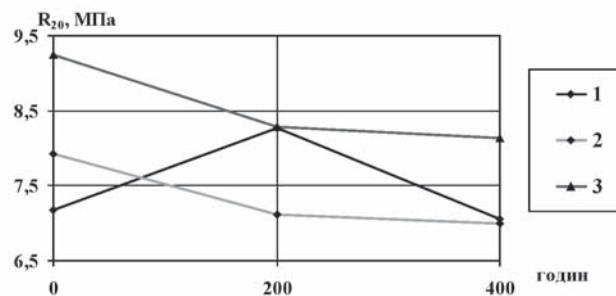


Рис 4. Графік залежності межі міцності при стисненні R<sub>20</sub> від часу термостатування в кліматичній камері ШП 1–3, зразків приготовлених при 140° С

Аналіз графіків (рис. 1–3) показує, що асфальтобетонна суміш на вапняковому щебені та виготовлена при температурі 140° С, незалежно від часу перемішування зі збільшенням часу термостатування продовжує набирати міцність. Зі збільшенням температури готування суміші до 170° С при термостатуванні зразків протягом 200 годин і тривалості перемішування 1 і 2 хвилини також спостерігається збільшення міцності, але зі збільшенням часу перемішування до 3 хвилини відбувається значна втрата міцності. Зі збільшенням температури готування суміші до 200° С втрата міцності зразків спостерігається вже із тривалості перемішування 2 хвилини. Це можна пояснити процесами деструкції, що почалися в асфальтобетоні. Більше того, збільшення часу термостатування ще на 200 годин показує незначне подальше падіння міцності, тобто основний процес деструкції відбувся при перших 200 годинах термостатування.



**Рис 5. Графік залежності межі міцності при стисненні R20 від часу термостатування в кліматичній камері ШП 1–3, зразків приготовлених при 170°С**



**Рис 6. Графік залежності межі міцності при стисненні R20 від часу термостатування в кліматичній камері ШП 1–3, зразків приготовлених при 200°С**

Аналіз графіків (рис. 4–6) показує, що характер протікання процесів старіння асфальтобетонних сумішей приготовлених на гранітному мінеральному заповнювачі аналогічний процесам деструкції сумішей приготовлених на вапняковому мінеральному заповнювачі. Це дозволяє припустити, що процес старіння асфальтобетону практично не залежить від застосовуваного мінерального заповнювача (абсолютне значення), у цьому випадку використання гранітного або вапнякового мінерального матеріалу незначно вплинуло на інтенсивність деструкції асфальтобетону, особливо в перші 200 годин термостатування.

### Висновок

При дослідженнях виявлено, що за умов прискореного теплового старіння в апарату штучної погоди ШП 1–3 при термостатуванні (температура 60°С), ультрафіолетовому опроміненні й періодичному зрошенні водою, асфальтобетонні суміші, що випущені на кам'яних матеріалах кар'єру «Караджа» філії «Судакського ДЕД» ДП «Кримавтодор» (вапняк), більш стійкі до старіння ніж асфальтобетонні суміші випущені на кам'яних матеріалах кар'єру «Мокрянський» селище Будівельник. Це можна пояснити тим, що при використанні вапнякового мінерального матеріалу відбувається хімічна реакція з органічним в'язучим ефектом, у результаті якого утворюються мила, які й сповільнюють інтенсивність старіння асфальтобетону.

### Список літератури:

1. Братчун В.И., Золотарев В.А. Модифицированные дегти и дегтебетоны повышенной долговечности. — Макеевка, 1998.
2. ДСТУ Б В.2.7-119-2003. Смеси асфальтобетонные. Асфальтобетон дорожный и асфальтобетон аэродромный. Технические условия.

3. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. — М.: Транспорт 1973.

4. Руденская И.М., Руденский А.В. Реологические свойства битумоминеральных смесей. — М.: Высшая шк., 1971.

*Аннотация.* В работе выполнен анализ результатов испытаний асфальтобетонных образцов, прошедших ускоренное старение в аппарате искусственной погоды ИП 1–3, с целью выявления зависимостей долговечности асфальтобетонных покрытий от изменения температуры приготовления и времени перемешивания смеси при применении различных каменных материалов. Получены графики зависимости прочности R20 от время термостатирования. Сформулированы выводы о влиянии технологических параметров приготовления асфальтобетонных смесей и природы каменных материалов на прочность асфальтобетона.

*Abstract.* In work is executed analysis result test asphalt concrete mixes sample, passed speed aging in device of the artificial weather IP 1–3, for the reason revealing the dependencies to longevity asphalt concrete mixes covering from change the temperature of the preparation and time mix mixture when using different stone material. They Are Received graphs to dependencies to toughness R20 from time thermostating. The Worded findings about influence technological parameter preparations asphalt concrete mixes mixtures and natures stone material on toughness asphalt concrete mixes.

Стаття надійшла до редакції 04.04.08 р.

УДК 658.15 (075.8)

А. М. СУМЕЦ, проф., Академия внутренних войск МВД Украины

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОГО ВАРИАНТА ПРИВЛЕЧЕНИЯ СРЕДСТВ ДЛЯ ОБНОВЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

*В статье описан подход к выполнению экономического обоснования выбора альтернативного варианта покупки новой автомобильной техники при необходимости обновления основных фондов автотранспортных систем. Предлагаемый подход целесообразно использовать для экономического обоснования решений, связанных с развитием их ремонтно-эксплуатационной инфраструктуры, а также при оценке эффективности замены эксплуатируемого оборудования на новое*

### Постановка проблемы

При условии возникновения необходимости обновления основных фондов автотранспортных систем, а также с целью экономического обоснования решений, связанных с развитием их ремонтно-эксплуатационной инфраструктуры всегда возникает вопрос выбора наиболее капиталосберегающей формы инвестирования [1–7]. Естественно, что при этом в большинстве случаев сопоставляются такие формы инвестирования как лизинг и кредит. В качестве критерия выбора одного из конкурирующих вариантов выбираются либо затратный, либо результативный. Так, например, авторы работы [4] в качестве критерия приняли результативный — чистый денежный поток (ЧДП), при расчете которого условно предположили: раз предприятие при лизинге не платит за транспортное средство, это эквивалентно притоку денежных средств в нулевом году в размере стоимости технического объекта. Аналогично рассматривается и

приток заемных средств. Однако здесь следует указать, что это искусственный прием, поскольку реального поступления денежных средств при лизинге не было, а при кредите денежные средства сразу же были израсходованы на покупку необходимой техники. Поэтому использование этой и многих других методик для принятия инновационно-инвестиционных решений при обновлении транспортно-логистической системы предприятия является не всегда корректным.

В свете указанного можно констатировать, что сегодня все же существует проблема грамотного в экономическом смысле обоснования решений по выбору экономических источников финансирования при обновлении основных фондов автотранспортных систем, в том числе и их ремонтно-эксплуатационной инфраструктуры.

### **Анализ последних исследований**

Возвратимся к работе [4]. Ее авторы допускают ряд методических ошибок: 1) авансовые платежи в лизинговом контракте представляют собой часть капиталовложений, т. е. не должны включаться в текущие затраты, а поэтому не могут иметь так называемую «налоговую защиту» (иначе, налоговые льготы) по лизинговым платежам; 2) в расчетах не учтена дисконтированная стоимость выкупаемого лизингополучателем имущества, которая относится к оттокам денежных средств, т. е. расчетный период равен, как предусмотрено российским законодательством, периоду лизингового контракта. В Украине такое положение не действует: этот период, согласно Закону Украины «О лизинге», для финансового лизинга равен сроку, за который основные средства амортизированы не менее чем на 60%; 3) в расчетах сравнительного экономического эффекта фактически определяются затратные показатели в виде текущей стоимости по вариантам развития, а для оценки применяется ЧДП, т. е. показатель результатного вида; 3) в показателях денежного потока разных лет включена стоимость так называемых упущенных (выделено нами — авторы статьи) налоговых льгот, представляющих собой ожидаемое изменение не реальных, а условных денежных выгод и к тому же не указано — упущенные налоговые льготы по сравнению с какими условиями хозяйствования?; 4) в расчетах ЧДП при приобретении автобуса одним из рассмотренных способов не учтены амортизационные отчисления и чистая прибыль от эксплуатации автобуса, а также не определена амортизация лизингополучателя после выкупа транспортного средства и при покупке автобуса в кредит.

С учетом указанного выше следует полагать, что методы выбора альтернативных источников финансирования развития технической базы логистической системы (особо имеем в виду «технологически нагруженные» подсистемы логистической системы — транспортную, складскую и производственную) должны не только отражать специфику украинского законодательства, но и базироваться на методических принципах и подходах, изложенных в работе [3, 5, 7].

### **Цель статьи**

Целью данной статьи является формализация методики обоснования решений по выбору экономических источников финансирования при обновлении ремонтно-эксплуатационной инфраструктуры автотранспортных систем.

### **Основной раздел**

В своих работах проф. Пелихов Е.Ф. [1, 2, 3] сформулировал простой вывод: если сравнивать дополнительные текущие издержки хозяйствующего субъекта по сравнению с покупкой техники за собственные средства, то можно даже без соответствующих расчетов утверждать, что при осуществлении операций покупки, аренды, покупки в кредит, лизинга, покупка (при прочих равных условиях) обходится предпринимателю наиболее дешево, а лизинг — самая дорогая из названных вариантов операция финансирования развития потому, что типовые соотношения

между текущими издержками в расчетном периоде (году) таковы:  $A < AP < P_{кр} < ЛП$ . Здесь:  $A$  — амортизационные отчисления;  $AP$  — арендная плата;  $P_{кр}$  — проценты за пользование кредитом;  $ЛП$  — лизинговые платежи.

Так, арендная плата включает амортизацию и прибыль арендатора, лизинговый платеж — амортизацию, проценты за кредит, прибыль лизингодателя, страховые платежи. Если это известно, зачем же тогда выполнять сравнительные расчеты? Причины их таковы: во-первых, инвестор, и это естественно, стремится выбрать те варианты заемного финансирования, при которых он получает право собственности на основные фонды; во-вторых, получить долгосрочный кредит непросто, к тому же, его при «краткосрочном» кредитовании надо достаточно быстро вернуть, заплатив существенные проценты по ссуде. При лизинге же арендуемое имущество дает гарантию возврата средств лизингодателю при наличии форс-мажорных обстоятельств, а арендатору уменьшает производственные и финансовые риски. Названные факторы можно учесть при оценке инвестиционных альтернатив.

Все расчеты абсолютного и сравнительного экономического эффектов базируются на концепции денежного потока ( $ДП$ ) как финансового итога деятельности предприятия, организации, равного алгебраической сумме поступлений (притоков) денежных средств на расчетный счет предприятия и расходов (оттоков) денежных средств в расчетном периоде [1, 2]. Графическое изображение денежных потоков, предложенное немецким профессором Г. Шмаленом, представляет собой временную ось, под которой перечислены годы инвестиционного цикла от нулевого (начало отсчета времени, т. е. текущая оценка затрат) до последнего ( $T$ ), а над осью указаны денежные потоки каждого года: притоки со знаком «+» и оттоки со знаком «-» [2].

Графическое изображение денежных потоков (рис. 1) позволяет компактно изложить формализованную суть решаемой задачи. На таком рисунке можно представить не только итоговую сумму изменений годового денежного потока  $t$ -го года  $\Delta ДП_t$ , но и конкретные его слагаемые — как притоки, так и оттоки денежных средств в  $t$ -м году.

$-I_0$	$ДП_1$	$ДП_2$	$ДП_3$	$\dots$	$ДП_T$
0 (Е, %)	1	2	3	$\dots$	T

**Рис. 1. Графическое изображение денежных потоков:**

$I_0$  — инвестиции нулевого года;  $E, \%$  — ставка дисконтирования.

При отсутствии информации о притоках денежных средств критерием выбора альтернативного варианта финансирования является минимум текущей стоимости затрат потребителя техники. Изобразим для наглядности графики движения денежных потоков (рис. 2) в условиях применения затратного критерия выбора вариантов финансирования: 1) покупка — имеют место разовые капиталовложения в так называемом нулевом году ( $-K_0$ ); 2) аренда — ежегодно, с первого по последний год расчетного периода ( $T$ ) потребитель техники ежегодно выплачивает арендные платежи ( $-AP$ ); 3) при финансовом лизинге с выкупом оборудования по остаточной стоимости ( $-K_{ост}$ ) до истечения срока действия контракта ( $T_{вык}$ ) лизингополучатель, кроме разового авансового платежа ( $A_B$ ), ежегодно выплачивает лизингодателю лизинговые платежи ( $-ЛП$ ), определяемые по специальной методике; 4) при пользовании кредитом ежегодно покупателем техники выплачиваются проценты за кредит ( $-P_{кр}$ ) и возвращается сумма кредита ( $-B_{кр}$ ), зависящие от условий кредитования.

При сравнении вариантов финансирования и их графическом изображении сделаны следующие допущения и упрощения: арендные и лизинговые платежи постоянны по годам расчетного периода, кредит взят на два года и выплачивается в конце второго года, то есть проценты за кредит так же, как арендные и лизинговые платежи, представляют собой аннуитеты.

$$\begin{array}{l}
 1) \frac{-K_0}{0 \quad 1 \quad \dots \quad T}; \quad 2) \frac{-АП \quad \dots \quad -АП}{0 \quad 1 \quad \dots \quad T}; \\
 3) \frac{-A_B \quad -ЛП \quad \dots \quad -K_{OCT} \quad -ЛП}{0 \quad 1 \quad \dots \quad T}; \quad 4) \frac{-П_{кр} \quad -П_{кр} \quad \dots \quad -П_{кр}}{-A_B \quad -B_{кр} \quad \dots \quad -B_{кр}}
 \end{array}$$

**Рис. 2. Затраты инвестора при разных вариантах финансирования**

Текущие стоимости затрат по сравниваемым вариантам финансирования определяются следующим образом:

$$\begin{aligned}
 TC_1 &= -K_0; & TC_2 &= -АП \cdot k_{д.ан}; & TC_3 &= -ЛП \cdot k_{д.ан} - K_{OCT} \cdot k_{д.вык} - A_B; \\
 TC_4 &= -П_{кр1} \cdot k_{д1} - П_{кр2} \cdot k_{д2} - \dots - B_{кр} \cdot k_{д.вык},
 \end{aligned} \tag{3}$$

где  $k_{д.вык}$ ,  $k_{д.ан}$  — соответственно, коэффициенты дисконтирования для тех лет, в которых выкупается техника и выплачивается кредит.

Если представляется возможным определить значения притоков денежных средств, то их указывают на графике денежных потоков. Например, при известных чистой прибыли  $Пр_q$  и амортизации  $A$  для первого варианта — покупки технических средств — график движения денежных потоков имеет вид:

	$Пр_q$	$Пр_q$	...	$Пр_q$	
$-K_0$	$A$	$A$	$A$	...	$A$
0	1	2	3	...	T

**Рис. 3. Денежные потоки при покупке техники**

Чистый денежный поток в этом случае определяется по формуле:

$$ЧДП_1 = (Пр_q + A) \cdot k_{д.ан} - K_0. \tag{4}$$

Арендная плата, лизинговый платеж и проценты за кредит согласно действующим в Украине нормативным документам включаются в себестоимость продукции и уменьшают прибыль до налогообложения и увеличивают чистую прибыль как слагаемое денежного потока. Следовательно,  $АП$ ,  $ЛП$  и  $П_{кр}$  для алгебраического суммирования их (или их изменений) с чистой прибылью (или ее изменением) должны быть приведены к сопоставимому с чистой прибылью (или ее приростом) виду — путем обложения указанных затрат (или их изменения) налогом на прибыль. Эту операцию можно выполнить умножением указанных затрат на коэффициент налогообложения прибыли  $k_{НАЛ} = 0,75$ . Умножение на этот коэффициент любого из указанных платежей означает адекватное увеличение суммы чистой прибыли (или ее прироста) на сумму налоговых льгот ( $НЛ$ ). Например, при аренде налоговая льгота составит:



$$НЛ = АП \cdot C_{НАЛ} / 100, \quad (5)$$

где  $C_{НАЛ}$  — ставка налога на прибыль.

При использовании аренды капиталовложения у потребителя техники отсутствуют, а амортизация не учитывается в составе ЧДП, так как принадлежит арендодателю. Если арендатор оборудования получает чистую прибыль от его эксплуатации в размере  $Пр_ч$ , экономический эффект арендатора составит:

$$ЧДП_2 = (Пр_ч - АП \cdot k_{нал}) \cdot k_{д.ан}. \quad (6)$$

При финансовом лизинге с выкупом оборудования по его остаточной стоимости лизинговые платежи выплачиваются до окончания срока действия контракта и выкупа оборудования  $T_{ВЫК}$ , а затем лизингополучатель кроме чистой прибыли будет присваивать как собственник имущества амортизацию оборудования. В этом случае экономический эффект определяется по формуле:

$$ЧДП_3 = (Пр_ч \cdot k_{д.ан} - ЛПП \cdot k_{нал}) \cdot k_{д.ан.вык} - K_{ОСТ} \cdot k_{д.вык} + \sum_{t=T_{ВЫК}}^{t=T} (Пр_ч + A) \cdot k_{д.т} - A_B, \quad (7)$$

где  $k_{д.ан.вык}$  — коэффициент дисконтирования аннуитета, соответствующий заданной ставке дисконта и году выкупа оборудования;

$A_6$  — авансовый платеж до начала действия лизингового контракта.

Расчет экономического эффекта от применения технического средства при использовании кредита отличается от варианта покупки только процентами за кредит и возвратом самого кредита. Предположим, кредит взят на три года с погашением его в конце третьего года. При этом варианте финансирования развития предприятия

$$ЧДП_4 = (Пр_ч + A) \cdot k_{д.ан} - П_{кр} \cdot k_{нал} \cdot k_{д.ан.3} - B_{кр} \cdot k_{д.3}, \quad (8)$$

где  $k_{д.ан.3}$  — коэффициент дисконтирования аннуитета третьего года;

$k_{д.3}$  — коэффициент дисконтирования денежного потока третьего года.

Изложенную методику расчета показателей при пользовании критериев минимума текущей стоимости и максимума чистого денежного потока (то есть затратного и результатного критериев) рассмотрим на условном примере.

Условие примера: обосновать более эффективный способ привлечения средств для обновления основных фондов автотранспортной транспортной системы, если на данный период отсутствуют необходимые средства.

В качестве исходных данных к расчету примем следующие: стоимость приобретаемого автомобиля  $K=70$  тыс. грн; амортизация объекта равномерная по норме  $H=15\%$ ; расчетный период (инвестиционный цикл)  $T=7$  лет; годовая арендная плата при взятии автомобиля в аренду  $АП=14,7$  тыс. грн/год; условия лизингового контракта: сумма аванса  $A_6=25\%$  стоимости автомобиля; годовой лизинговый платеж  $ЛПП=23\%$  стоимости автомобиля; объект лизинга выкупается лизингополучателем по остаточной стоимости после срока, за который амортизируется не менее  $60\%$  стоимости лизингового имущества; возможно получение краткосрочного кредита на 2 года под  $p=18\%$  годовых с разовым возвратом кредита в конце срока погашения; ставку дисконта принять равной  $E=20\%$ , а налога на прибыль —  $C_{нал}=25\%$  (коэффициент налогообложения прибыли  $k_{нал}=0,75$ ); при расчете экономического эффекта годовую прибыль от использования нового автомобиля принять равной  $Пр=40$  тыс.грн/год.

Приведем решение поставленной задачи.

Вначале, используя информацию только об изменяющихся слагаемых затрат, осуществим выбор наиболее эффективного из конкурирующих вариантов финансирования на основе затратного критерия — минимума текущей стоимости затрат по анализируемым вариантам.

При покупке нового автомобиля за собственные средства текущая стоимость равна  $TC_1 = -K = -70$  тыс.грн.

Взятие нового автомобиля в аренду предполагает отсутствие первоначальных капиталовложений ( $K=0$ ) и выплату арендодателю в течение расчетного периода арендных платежей. При этом текущая стоимость составит:

$$TC_2 = -AP \cdot k_{\text{дан}} = -14,7 \cdot 3,605 = -52,99 \text{ тыс. грн.}$$

Для определения текущей стоимости затрат при лизинге определим годовую амортизацию ( $A$ ) и остаточную стоимость ( $K_{\text{ост}}$ ) выкупаемого через  $T_{\text{вык}} = 4$  года автомобиля (износ составит требуемые по закону о лизинге 60% стоимости):

$$A = K \cdot H / 100 = 70 \cdot 0,15 = 10,5 \text{ тыс. грн/год};$$

$$K_{\text{ост}} = K - A \cdot T = 70 - 10,5 \cdot 4 = 28,0 \text{ тыс. грн.}$$

Тогда текущая стоимость затрат при лизинге составит:

$$\begin{aligned} TC_3 &= -A_g - ЛП \cdot k_{\text{нал}} \cdot k_{\text{дан}} - K_{\text{ост}} \cdot k_{\text{д4}} = \\ &= -17,5 - 16,1 \cdot 0,75 \cdot 2,589 - 28,0 \cdot 0,482 = -62,258 \text{ тыс. грн.} \end{aligned}$$

При использовании кредита для покупки нового автомобиля годовые проценты за кредит составят:

$$Пкр = Kp / 100 = 70,0 \cdot 18 / 100 = 12,6 \text{ тыс. грн/год.}$$

Текущая стоимость затрат при кредитовании покупки нового автомобиля составит:

$$TC_4 = -Пкр \cdot k_{\text{нал}} \cdot k_{\text{дан}} - K \cdot k_{\text{д2}} = -12,6 \cdot 0,75 \cdot 1,528 - 70,0 \cdot 0,694 = -63,02 \text{ тыс. грн.}$$

В результате выполненных расчетов делаем вывод: по критерию минимума текущей стоимости затрат, соответствующих вариантам приобретения автомобиля, следует предпочесть аренду.

Выбор варианта приобретения автомобиля по критерию результатного типа, каким является максимум экономического эффекта ( $ЧДП$ ), предполагает сопоставление суммы дисконтированных выгод с суммарными дисконтированными затратами. При покупке за собственные средства притоками в денежном потоке будут чистая прибыль ( $Пр_q$ ) и амортизация, поэтому

$$ЧДП_1 = (Пр \cdot k_{\text{нал}} + A) \cdot k_{\text{дан}} - TC_1 = (40 \cdot 0,75 + 10,5) \cdot 3,605 - 70,0 = 76,0 \text{ тыс. грн.}$$

При аренде автомобиля амортизация в составе денежного потока не учитывается, так как является собственностью арендодателя, и поэтому:

$$\text{ЧДП}_2 = \text{Пр} \cdot k_{\text{нал}} \cdot k_{\text{д.ан}} - \text{ТС}_2 = 40 \cdot 0,75 \cdot 3,605 - 52,99 = 55,16 \text{ тыс. грн.}$$

При лизинге, до выкупа автомобиля по остаточной стоимости, амортизация в течение 4 лет принадлежит лизингодателю, после выкупа — организации. Экономический эффект при этом варианте составит:

$$\begin{aligned} \text{ЧДП}_3 &= \text{Пр} \cdot k_{\text{нал}} \cdot k_{\text{д.ан}} + \sum_{t=5}^{t=7} A_t \cdot k_{\text{д.т}} - \text{ТС}_3 = \\ &= 40 \cdot 0,75 \cdot 3,605 + 10,5 \cdot 0,402 + 10,5 \cdot 0,335 + 10,5 \cdot 0,279 - 62,258 = 56,6 \text{ тыс. грн.} \end{aligned}$$

Экономический эффект при покупке автомобиля в кредит определяется теми же притоками денежных средств, что и при покупке за собственные средства, но необходимо возвращать долги по кредиту:

$$\text{ЧДП}_4 = (\text{Пр} \cdot k_{\text{нал}} + A) \cdot k_{\text{д.ан}} - \text{ТС}_4 = (40 \cdot 0,75 + 10,5) \cdot 3,605 - 63,02 = 82,98 \text{ тыс. грн.}$$

Сопоставление значений экономических эффектов по альтернативным вариантам показывает, что в данном примере наиболее выгодна покупка в кредит, так как получаемый потребителем автомобиля экономический эффект максимален. Если бы на условия покупки в кредит налагалось ограничение выплаты кредита только за счет полученной от использования приобретенной техники чистой прибыли, значение  $\text{ЧДП}_4$  изменилось бы, что повлияло на выбор варианта финансирования покупки автомобиля.

Аналогичный вывод следует и на основании критерия максимума значения сравнительного экономического эффекта, полученного в процессе сопоставления абсолютных экономических эффектов с выбранным базовым вариантом финансирования развития.

## Выводы

Приведенные выше рассуждения и элементарные практические расчеты позволяют указать на следующее:

- 1) результаты выбора варианта финансирования зависят от вида применяемого критерия и выводы при оценке по затратным и результатным критериям могут не совпадать;
- 2) соотношения между текущими стоимостями затрат и сравнительными экономическими эффектами существенно зависят от ставок дисконта, арендной платы, лизинговых платежей, налога на прибыль и условий кредитования сделки.

## Список литературы

1. Пелихов Е.Ф. Оценка экономической эффективности логистических решений/Е.Ф. Пелихов// Логистика: проблемы и решения. — 2005. — № 1. — С. 90–97.
2. Пелихов Е.Ф. Экономическая эффективность инноваций/Е.Ф. Пелихов. — Х.: Изд-во НУА, 2005. — 171 с.
3. Пелихов Е.Ф. Экономическое обоснование выбора альтернативных вариантов новой техники и форм инвестирования при обновлении технико-технологической базы логистических систем/Е.Ф. Пелихов, А.М. Сумец//Логистика: проблемы и решения. — 2007. — № 2. — С. 32–46.
4. Перевозка экспортно-импортных грузов. Организация логистических систем. — 2-е изд., доп. и перераб./Под ред. А.В. Кириченко. — СПб.: Питер, 2004. — 506 с.
5. Сумец А.М. К вопросу обоснования инновационно-инвестиционных решений при обновлении транспортно-логистической системы предприятия/А.М. Сумец//Матеріали наук.-практ. конф. «Економічна освіта та наука: досвід та перспективи розвитку». — Х.: Мін-во освіти та науки України, НФаУ, 2007. — с.149–152.
6. Сумец А.М. Экономическое обоснование выбора альтернативных вариантов новой техники/А.М. Сумец//Науковий журнал: Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту, 2007, № 1–2. — С.51–56.

7. Сумец А.М. Логистика: теория, ситуации, практические задания/А.М. Сумец. — К.: «Хай-Тек Пресс», 2008. — 320 с.

***Анотація.** У статті описаний підхід до виконання економічного обґрунтування вибору альтернативного варіанта покупки нової автомобільної техніки при необхідності відновлення основних фондів автотранспортних систем. Пропонований підхід доцільно використовувати для економічного обґрунтування рішень, зв'язаних з розвитком їхньої ремонтно-експлуатаційної інфраструктури, а також при оцінці ефективності заміни устаткування, що експлуатується, на нове.*

***Abstract.** This article is described performing the economic motivation of the choice of the alternative variant of the buying the new car technology at renovations of the main fund of road transport systems. The proposed approach reasonable to use for economic motivation of the decisions, in accordance with development their repair-working infrastructure, as well as at estimation of efficiency of the change the exploited equipment on new.*

*Стаття надійшла до редакції 20.03.2008 р.*

УДК 621.83.062.1

*А.В. РОГОВ, к.т. н., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»*

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ ДЛЯ ПОИСКА РАЦИОНАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ ТРАНСМИССИИ**

*В статье представлена блочно-модульная структурная схема трансмиссии, позволяющая реализовывать 16 передач. Применен метод оптимизации для поиска конструктивных параметров данной трансмиссии. Представлены результаты математического моделирования работы многоступенчатой трансмиссии.*

### **Введение**

Проектирование трансмиссий является актуальной задачей, поскольку рациональная конструкция трансмиссии позволяет повысить эффективность широкого круга транспортных средств — сельскохозяйственных, дорожных, строительных машин. Исключительно за счет рациональной схемы и конструктивной реализации трансмиссии можно снизить массу и стоимость транспортного средства, расход топлива, повысить надежность, эргономичность и производительность.

### **Анализ последних достижений и публикаций**

В последнее время в отечественной промышленности интенсивно развивается направление использования бесступенчатых трансмиссий, в качестве вариатора угловой скорости в которых выступает гидрообъемная передача. Такие трансмиссии достаточно давно применяются в образцах сельскохозяйственной техники, выпускаемой западными фирмами: Fendt», «Claas», «Case IH/Steyr», «Deutz-Fahr», «Caterpillar» [3]. В Украине бесступенчатое регулирование угловой скорости применяется в механизмах поворота тракторов производства ОАО «ХТЗ им. С. Орджоникидзе» [3].

## Цель и постановка задачи

Наряду с неоспоримыми достоинствами — бесступенчатое плавное регулирование скорости прямолинейного движения и поворота, простота конструкции, меньшее количество кинематических диапазонов, возможность постоянной работы двигателя в режиме минимального расхода топлива — бесступенчатые трансмиссии обладают недостатками: низкий КПД, повышенный расход топлива (что компенсирует возможность работы на режиме минимального расхода), высокая стоимость гидроагрегатов, их меньшая, по сравнению с механической частью трансмиссии, надежность, повышенное влияние на эффективность температуры окружающей среды. В связи с этим ставится задача совмещения достоинств бесступенчатой и ступенчатой трансмиссии, что возможно путем проектирования ступенчатой механической трансмиссии с большим количеством передач. Такая трансмиссия, с одной стороны, обладает высоким КПД и надежностью, с другой стороны — обеспечивает практически плавное изменение угловой скорости за счет малого кинематического разрыва между передачами. Основные критерии качества подобной трансмиссии — малые габариты, масса, стоимость, простота управления.

## Основной раздел

Для достижения поставленных требований к конструкции трансмиссии была выбрана следующая структурная схема (рис. 1). Принцип работы трансмиссии заключается в следующем. Трансмиссия условно делится на 4 блока, включающем два управляющих элемента. Каждый блок, в зависимости от включенного управляющего элемента, может передавать мощность без преобразования крутящего момента и угловой скорости с КПД, близким к 1 — например, для блока II такой режим имеет место при включенном управляющем элементе Ф3. При включении второго управляющего элемента (Ф4 для блока II) мощность проходит через два последовательных редуктора, при этом направление угловой скорости вращения валов не изменяется, но меняется соотношение между моментом и угловой скоростью. КПД при этом уменьшается до величины  $0,985^2 = 0,97$ . Блок IV реализует тот же принцип, однако используется не два последовательных редуктора, а планетарный ряд, поскольку необходимое для блока IV передаточное отношение затруднительно реализовать с помощью редукторов.

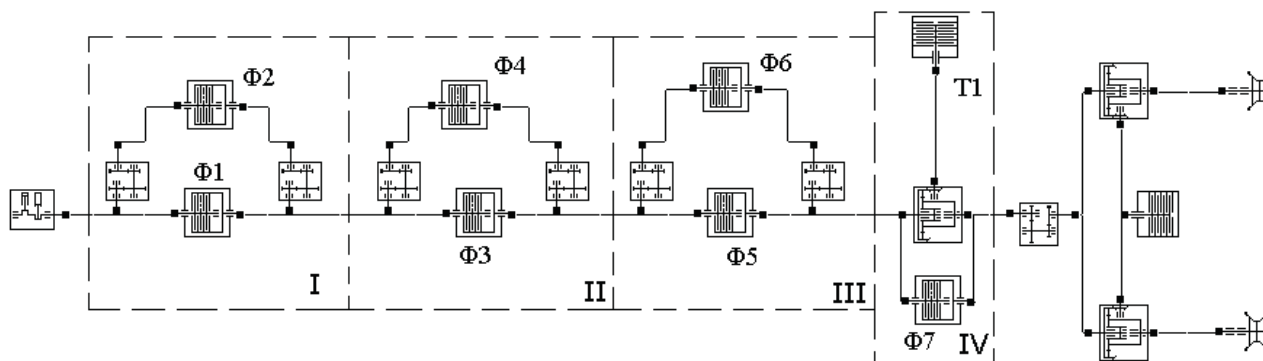


Рис. 1. Структурная схема проектируемой трансмиссии

Таким образом, каждый из четырех блоков независимо друг от друга может передавать мощность непосредственно, без изменения момента и угловой скорости или через редукторы или планетарный ряд. Следовательно, существует  $2^4 = 16$  комбинаций включения блоков и при правильном подборе передаточных отношений можно реализовать 16 передач таким образом, чтобы скорости движения машины на каждой из них были равномерно распределены по всему кинематическому диапазону, что по принципу работы практически аналогично бесступенчатой трансмиссии.

Для поиска передаточных отношений блоков необходимо в первую очередь задать требуемый набор скоростей, обеспечиваемый трансмиссией. Учитывая сложность поставленной задачи — подобрать четыре передаточные отношения, дающие в 16 комбинациях произведений заданный набор скоростей, — полученный в результате решения набор скоростей не будет полностью совпадать с заданным, но будет максимально с ним сходен. Таким образом, можно поставить задачу оптимизации, в которой неизвестными являются передаточные отношения четырех блоков, а критерием качества — степень схожести полученного набора скоростей с заданным.

В данной статье в качестве заданного набора скоростей использовался следующий вектор  $V_0$ :

$$V_0 = [2 \ 4 \ 6 \ 8 \ 10 \ 12 \ 14 \ 16 \ 20 \ 25 \ 30 \ 35 \ 40 \ 45 \ 50 \ 55]. \quad (1)$$

Элементы вектора  $V$  — требуемая скорость движения транспортного средства в км/ч на каждой передаче.

Зависимость критерия качества  $Q$  от полученного в результате комбинаторного перемножения передаточных отношений блоков  $s$  (последующей сортировкой по возрастанию) вектором скоростей транспортного средства представляется следующим образом:

$$Q(V) = \sum_{i=1}^{16} (V_i - V_{0i})^2 + 100 \cdot (V_1 - 2)^2 + 50 \cdot (V_9 - 15)^2. \quad (2)$$

Присутствие весовых коэффициентов 100 и 50 в выражении (10.2) обусловлено необходимостью обязательного обеспечения начальной скорости движения 2 км/ч на первой передаче и технологической скорости 15 км/ч на девятой передаче.

Генерация вектора скоростей движения  $V$  на основании четырех передаточных отношений выполняется с помощью следующего алгоритма, реализованного в MathSoft MathCAD:

$$\begin{array}{l}
 V(z) := \text{for } i \in 0..15 \\
 \quad \left| \begin{array}{l}
 \text{is} \leftarrow 1 \\
 \text{is} \leftarrow \text{is}[z_0] \text{ if } \text{mod}(i, 2) > 0 \\
 \text{is} \leftarrow \text{is}[z_1] \text{ if } \text{mod}(i, 4) > 1 \\
 \text{is} \leftarrow \text{is}[z_2] \text{ if } \text{mod}(i, 8) > 3 \\
 \text{is} \leftarrow \text{is}[z_3] \text{ if } \text{mod}(i, 16) > 7 \\
 R_i \leftarrow \text{is}[\text{wd}[\text{ibk}[\text{r}]]3.6 \\
 R \leftarrow \text{sort}(R) \\
 R
 \end{array} \right.
 \end{array} \quad (3)$$

где  $z$  — вектор из четырех передаточных отношений;  $\omega_d$  — номинальная угловая скорость коленчатого вала двигателя, 210 рад/с;  $i_{\text{БК}}$  — суммарное передаточное отношение главной передачи и бортовых редукторов, 0,049;  $r$  — радиус ведущего колеса, 0,62 м.

Таким образом, критерий качества (2) можно записать как функцию четырех передаточных отношений  $z$ :

$$Q(V) = Q[V(z)] = Q(z) \quad (4)$$

С помощью метода оптимизации Ньютона, встроенного в пакет MathSoft MathCAD, был получен следующий вектор передаточных отношений, минимизирующий критерий качества (4):  $z_1 = (0,171; 1,846; 0,681; 1,541)$ . Величина критерия качества при этом равна 443.

Поскольку элементы вектора  $z$  могут быть только рациональными числами, так как конструктивно реализуются с помощью редукторов и планетарных рядов (отношение целого количества зубьев), вектор  $z$  уточняется с учетом этого ограничения, при этом критерий качества может увеличиться. Вместо передаточного числа 0,171 целесообразно использовать отношение

$$\frac{1}{1 + \frac{61}{17}} = 0,218, \text{ поскольку такой планетарный ряд уже используется в трансмиссии прототипа}$$

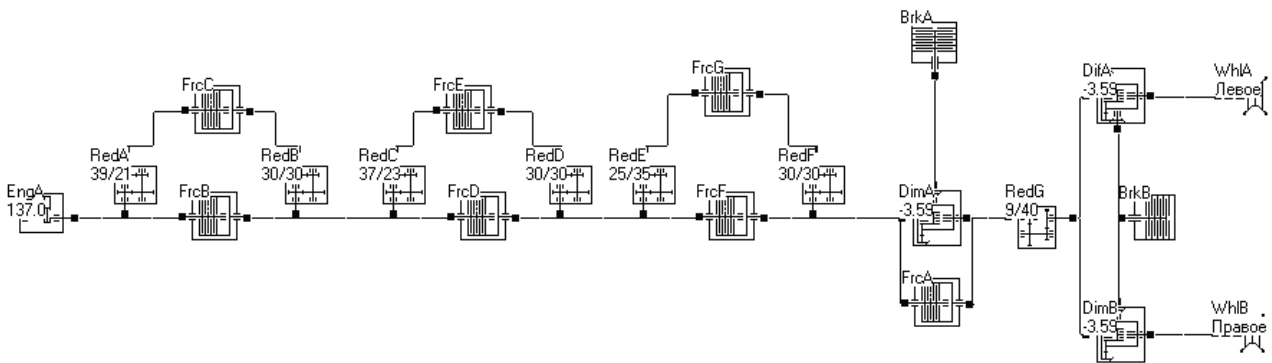
в качестве бортового редуктора. Для отношения 1,846 выбран аналог  $\frac{39}{21} = 1,857$ ; для отношения 0,681  $\frac{25}{35} = 0,714$  и для 1,541  $\frac{37}{23} = 1,609$ . Сумма зубьев шестерен в каждом случае равна 60.

Таким образом, конструктивно можно реализовать вектор  $z_2 = (0,218; 1,857; 0,714; 1,609)$ , близкий к рациональному  $z_1$ . Данный вектор обеспечивает критерий качества  $Q(z_2) = 631 > Q(z_1) = 443$  и следующий набор скоростей движения транспортного средства:

$$V(z_2) = (4 \ 5 \ 6 \ 7 \ 8 \ 9 \ 11 \ 15 \ 16 \ 23 \ 26 \ 31 \ 37 \ 43 \ 49 \ 69) \quad (5)$$

Несмотря на весовой коэффициент 100 в выражении (2) для критерия качества, минимальная скорость на первой передаче составляет 3,5 км/ч — однако следует отметить, что данная скорость соответствует номинальной угловой скорости вращения коленчатого вала, в то время как трогание с места осуществляется при угловой скорости максимального момента, которая для дизельных двигателей ориентировочно в 1,5 раза меньше.

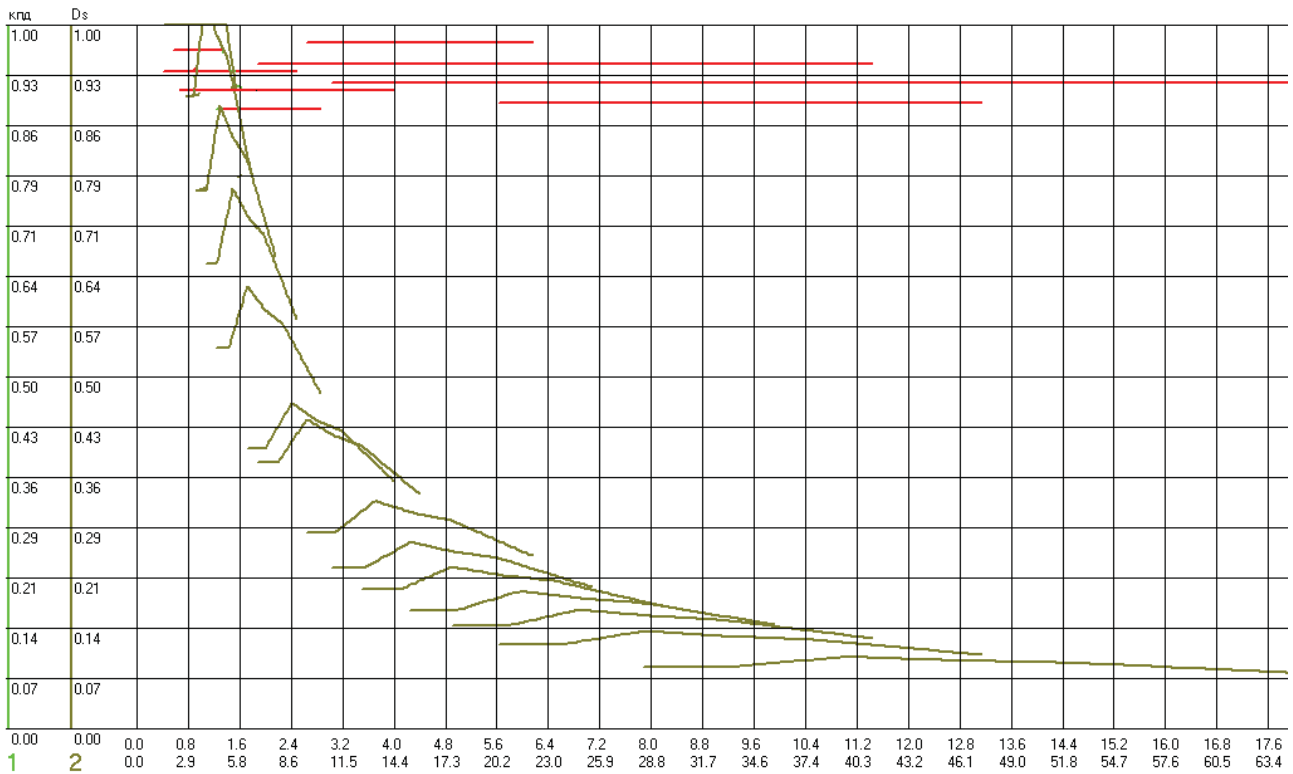
Передаточные числа из вектора  $z_2$  были размещены по блокам трансмиссии следующим образом:



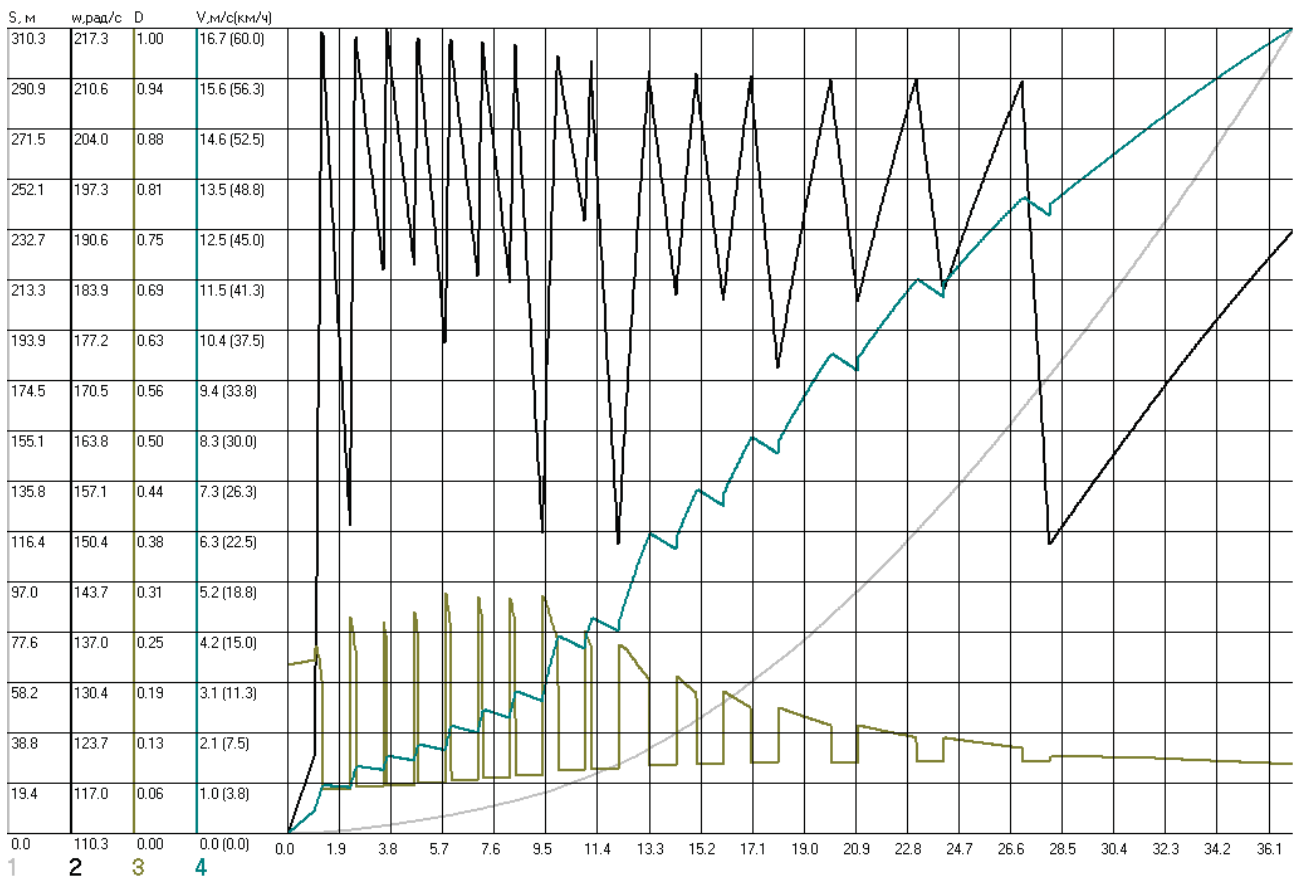
**Рис. 2. Структурная схема многоступенчатой трансмиссии**

*RedA...RedG* — редукторы; *FrcA... FrcF* — фрикционные управляющие элементы; *EngA* — двигатель; *DifA, DimA... DimB* — трезвенные планетарные механизмы; *BrkA* — тормозной управляющий элемент; *BrkB* — соединение бортовых редукторов с корпусом машины.

Для моделирования работы подобной трансмиссии применяется усовершенствованная в работах автора методика матричного анализа [1, 2], позволяющая моделировать статические и динамические режимы работы произвольной трансмиссии на основе заданной структуры и геометрических параметров каждого элемента. Статические характеристики представлены на рис. 3, динамические, в частности, разгон транспортного средства до скорости 60 км/ч — на рис. 4.



**Рис.3. Статические характеристики машины с многоступенчатой трансмиссией**



**Рис. 4. Моделирование разгона машины с многоступенчатой трансмиссией**



Как видно из рис. 3, зависимость динамического фактора от скорости движения машины имеет четко выраженную гиперболическую форму, свойственную бесступенчатым трансмиссиям, что подтверждает тот факт, что многоступенчатые трансмиссии заимствуют часть достоинств у бесступенчатых. КПД трансмиссии в зависимости от передачи колеблется в диапазоне 0,91–0,98, что подтверждает и заимствование основного достоинства механической трансмиссии — высокий КПД. Из рис. 4 можно сделать вывод, что предложенная схема обеспечивает кинематическое согласование передач при переключении в процессе разгона.

## Выводы

Предлагаемая методика позволяет проектировать многоступенчатые трансмиссии, обладающие следующими достоинствами: большое количество передач и возможность выбора оптимальной для выполнения технологического процесса; высокий КПД; малые габариты и масса за счет использования всех блоков трансмиссии на каждой передаче.

## Список литературы

1. Самородов В.Б., Рогов А.В. Объектно-ориентированный подход к моделированию трансмиссий в области транспортного машиностроения//Вестник ХГПУ, серия НРСТ. — Харьков. — 1999. — Вып.66. — С.48–53.
2. Самородов В.Б., Волонцевич Д.О., Рогов А.В. Уточненная методика определения потерь в планетарных механизмах передач и результаты исследования потоков мощностей в гидрообъемно-механических трансмиссиях//Интегрированные технологии и энергосбережение. Ежеквартальный научно-практический журнал. — Харьков: НТУ «ХПИ». — 2001. — № 4. — с. 76–83.
3. Самородов В.Б., Рогов А.В. Критический обзор работ в области тракторных гидрообъемно-механических трансмиссий//Вестник Национального технического университета «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Автомобиле- и тракторостроение». — Харьков: НТУ «ХПИ». — 2003. — №4. — С. 3–19.

*Анотація.* У статті наведено блочно-модульну структурну схему трансмісії, що дозволяє реалізувати 16 передач. Застосовано метод оптимізації для пошуку конструктивних параметрів даної трансмісії. Представлені результати математичного моделювання роботи багатоступеневої трансмісії.

*Abstract.* In the article block-module flow diagram of transmission is presented, allowing to realize 16 diapasons. The method of optimization for the search of structural parameters of this transmission is applied. The results of mathematical design of work of multi-stage transmission are presented.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2008 р.

УДК 656.131:681.5.03

В. П. ВОЛКОВ, проф., А.Ю. РЫЖКО, маг., Ю.В. ВОЛКОВ, студ.,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (ХАДИ)

## ТЕХНОЛОГИЯ ДИАГНОСТИКИ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ

На примере мехатронной системы управления двигателем и трансмиссией автомобиля показаны особенности технологии их диагностирования.

## Введение

Мехатроника родилась как комплексная наука от слияния отдельных частей механики и микроэлектроники. Её можно определить как науку, занимающуюся анализом и синтезом

сложных систем, в которых в одинаковой степени используются механические и электронные управляющие устройства. Все мехатронные системы автомобилей по функциональному назначению делят на три основные группы [1]:

- системы управления двигателем;
- системы управления трансмиссией и ходовой частью;
- системы управления оборудованием салона.

Система управления двигателем подразделяется на системы управления бензиновым и дизельным двигателем. По назначению они бывают монофункциональные и комплексные.

В монофункциональных системах ЭБУ подает сигналы только системе впрыска. Впрыск может осуществляться постоянно и импульсами. При постоянной подаче топлива его количество изменяется за счет изменения давления в топливопроводе, а при импульсном — за счет продолжительности импульса и его частоты.

В комплексных системах один электронный блок управляет несколькими подсистемами: впрыска топлива, зажигания, фазами газораспределения, самодиагностики и др.

Система электронного управления дизельным двигателем контролирует количество впрыскиваемого топлива, момент начала впрыска, ток факельной свечи и т. п.

В электронной системе управления трансмиссией объектом регулирования является главным образом автоматическая трансмиссия. На основании сигналов датчиков угла открытия дроссельной заслонки и скорости автомобиля ЭБУ выбирает оптимальные передаточное число трансмиссии, что повышает топливную экономичность и управляемость.

Управление ходовой частью включает в себя управление процессами движения, изменения траектории и торможения автомобиля.

Управление оборудованием салона призвано повысить комфортабельность и потребительскую ценность автомобиля.

### **Цель и задачи работы**

Та определяющая роль, которую играют электронные системы в автомобиле, заставляет уделять повышенное внимание проблемам, связанным с их обслуживанием. Решение этих проблем заключается во включении функций самодиагностики в электронную систему. Реализация этих функций основана на возможностях электронных систем, уже используемых на автомобиле для непрерывного контроля и определения неисправностей в целях хранения этой информации и диагностики.

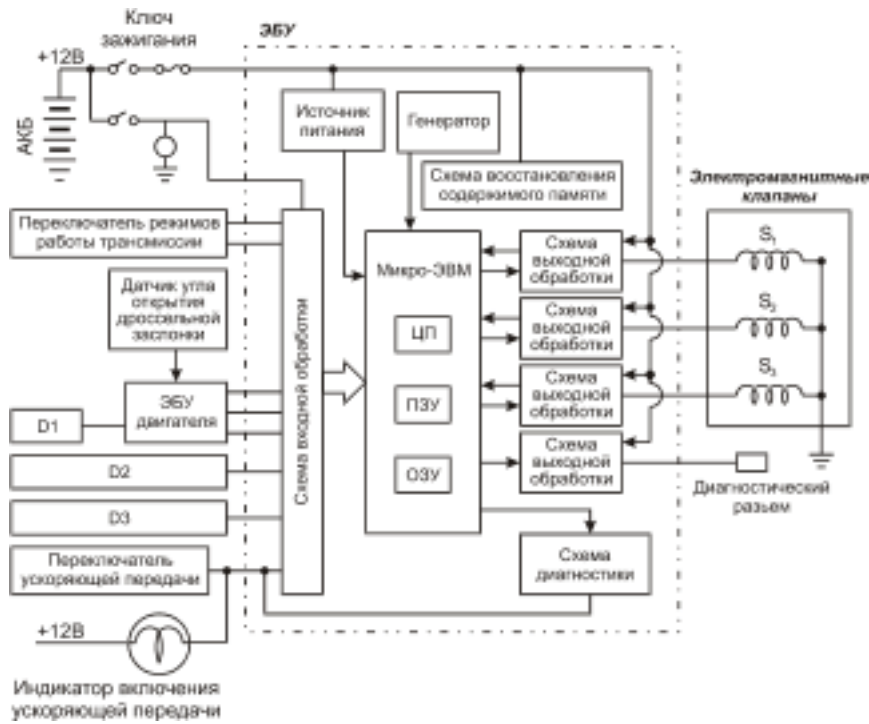
### **Самодиагностика мехатронных систем автомобилей**

Развитие электронных систем управления двигателем и трансмиссией привело к улучшению эксплуатационных свойств автомобиля.

На рис. 1 показан пример электронной системы управления трансмиссией автомобиля [2].

На основании сигналов датчиков ЭБУ вырабатывает команды на включение и выключение сцепления. Эти команды подаются на электромагнитный клапан, который осуществляет включение и выключение привода сцепления. Для переключения передач используются два электромагнитных клапана. Сочетанием состояний «открыт-закрыт» этих двух клапанов гидравлическая система задает четыре положения передач (1, 2, 3 и повышающая передача). При переключении передач сцепление выключается, исключая тем самым последствия изменения момента, связанного с переключением передач.

Законы управления (программы) переключения передач в автоматической трансмиссии обеспечивают оптимальную передачу энергии двигателя колесам автомобиля с учетом требуемых тягово-скоростных свойств и экономии топлива. При этом программы достижения оптимальных тягово-скоростных свойств и минимального расхода топлива отличаются друг от друга, так как одновременное достижение этих целей не всегда возможно.



**Рис. 1. Система управления трансмиссией:**

$D_1$  — датчик температуры охлаждающей жидкости;

$D_2$  — датчик скорости автомобиля, установленный в спидометре;

$D_3$  — датчик скорости автомобиля, установленный в автоматической трансмиссии.

Поэтому в зависимости от условий движения и желания водителя можно выбрать с помощью специального переключателя программу «экономия» для уменьшения расхода топлива, программу «мощность» — для улучшения тягово-скоростных свойств или программу «ручное», чтобы перейти на переключение передач водителем.

На рис. 2 приведена структурная схема самодиагностики мехатронных систем автомобилей [3].



**Рис. 2. Структурная схема самодиагностики мехатронных систем автомобилей**

Электронный блок управления (ECU) производит самопроверку своего функционирования следующим образом: программируемые чипы памяти снабжены тестовыми комбинациями, которые могут восстанавливаться и использоваться в целях сравнения. Для запоминающих устройств применяется сравнение с итоговыми данными испытаний для гарантии того, что все данные и программы хранятся в этих устройствах правильно. Возможности самодиагностики включают: идентификацию системы и ECU; распознавание, хранение и считывание информации о статических и единичных нарушениях работы; считывание текущих реальных данных, включающих условия окружающей среды и спецификации; моделирование функций системы; программирование параметров системы.

Отдельные программы для испытательного блока хранятся в подключаемых модулях, в то время как корректировка и передача данных в системе осуществляются посредством интерфейса данных.

Бортовая система контроля и диагностики (БСКД), например автомобиля МАЗ, предназначена для:

- обеспечения диагностирования бортовых электронных систем по интерфейсу ISO 9141 непосредственно на автомобиле;
- контроля осевой нагрузки и режимов работы автомобиля;
- отсчета текущего времени и соответственно отображения контролируемых параметров и текущего времени на ЖК-индикаторе (экране) блока контроля, установленного на панели приборов без применения внешних устройств.

Система БСКД позволяет произвести диагностику электронных систем автомобиля (ABS/ASR, ECAS, EDC двигателя) по протоколу ISO 9141. Диагностика включает в себя чтение данных из энергонезависимой памяти электронных блоков: серийный номер блока; версия программного обеспечения блока; дата изготовления блока; чтение памяти ошибок; стирание памяти ошибок.

Процесс диагностики начинается с инициализации систем — обнаружения их в составе электрооборудования автомобиля. При успешной инициализации возможно: прочитать память ошибок; произвести стирание памяти ошибок; просмотреть данные следующей обнаруженной системы или выйти в главное меню; изменить показания выбранного разряда; осуществить коррекцию текущего времени; произвести коррекцию текущей даты и выполнить ряд дополнительных функций.

Одной из важных особенностей двигателя MAN D2866-LF2, установленного на автомобиле МАЗ, является наличие Electronic Diesele Control (EDC) — электронной системы управления (ЭСУ) со встроенной системой диагностики. При каждом включении или выключении замка включения стартера и приборов, а также на протяжении всего периода работы двигателя с помощью ЭСУ осуществляется диагностика состояния электрических цепей и параметров встроенных датчиков (температуры, давления наддува и т. д.) и исполнительного механизма подачи топлива двигателя. В случае возникновения неисправностей или нарушения заданных параметров загорается контрольная лампа, корректируется режим работы двигателя (например, уменьшается подача топлива, снижается мощность) и записывается код неисправностей в память электронного блока управления (ЭБУ).

Коды неисправностей записываются в двух микросхемах памяти. Одна из микросхем памяти содержит коды, другая — содержит информацию о неисправностях, которую можно считать и стереть только с помощью компьютерной контрольно-диагностической системы MAN-CATs. Стирание содержимого памяти первой микросхемы не влияет на содержание памяти второй микросхемы. Одновременно в памяти одной микросхемы может содержаться информация только о пяти неисправностях. При устранении (исчезновении) неисправности, записанной однажды в памяти микросхемы, информация о ней автоматически стирается из памяти обеих микросхем (если в течение 100 включений или выключений замка включения стартера и приборов данная неисправность не повторилась).

Простейшая диагностика неисправностей EDC может быть произведена нажатием кнопки диагностики EDC панели приборов. При этом коды неисправностей определяются по числу и длительности вспышек контрольной лампы «EDC», а виды неисправностей определяются по таблицам кодов.

Углубленная диагностика и установка параметров (параметрирование) системы могут быть произведены с помощью компьютерной контрольно-диагностической системы (КДС) MAN-CATs.

Упрощенная диагностика неисправностей с помощью световых мигающих кодов. Диагностика неисправностей с помощью световых мигающих кодов может производиться как при работающем, так и при неработающем двигателе.

Для входа в режим диагностики необходимо в течение 3 с (но не более 10 с) нажать на кнопку диагностики EDC, а затем отпустить. Во время нажатия кнопки на щитке приборов загорается контрольная лампа «EDC», которая после отпускания кнопки гаснет (это позволяет также проверить исправность лампы). Если в системе есть неисправность, то по истечении 3 с после отпускания кнопки лампа «EDC» начинает мигать, выдавая световой код неисправности длинными (в течение 2 с) и короткими (в течение 0,5 с) вспышками. При этом сначала выдается код только одной (последней) неисправности. Для вызова кода следующей неисправности необходимо вновь нажать и отпустить кнопку диагностики EDC. Процесс вызова кодов неисправностей необходимо продолжать до тех пор, пока не повторится код, вызванный первым.

В качестве примера считывания светового кода приведена временная диаграмма (рис. 3) кода 2–4 (неисправность выключателя холостого хода датчика положения педали подачи топлива).

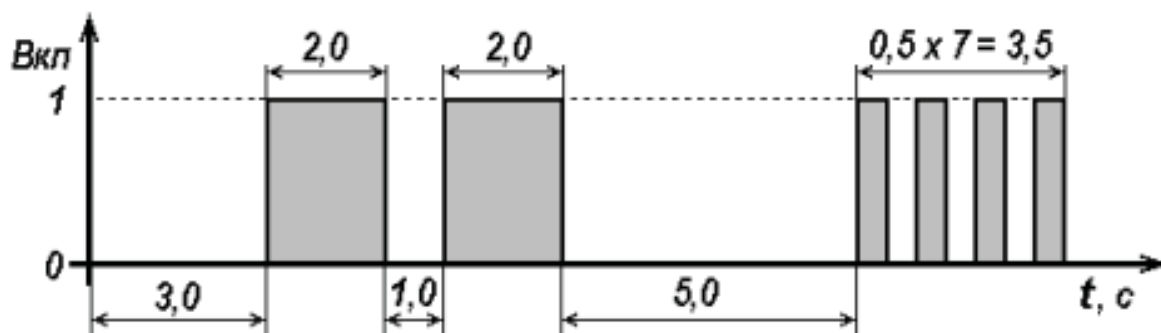


Рис. 3. Временная диаграмма светового кода 2–4

После нажатия и отпускания кнопки диагностики EDC происходит следующее: пауза перед началом выдачи кода — 3 с; длинная вспышка — 2 с; пауза между вспышками — 1 с; длинная вспышка — 2 с; пауза между вспышками — 5 с; четыре короткие вспышки по 0,5 с с паузами по 0,5 с.

После считывания кодов и устранения неисправностей производится очистка памяти ошибок (световых кодов). При этом все коды устраненных неисправностей стираются из памяти ЭБУ. Если после стирания в памяти остались какие-либо коды, значит какая-то неисправность не устранена и стереть ее код можно лишь после устранения неисправности. При возникновении трудностей в определении неисправности по световым мигающим кодам проводятся анализ вероятных причин и комплексная диагностика EDC с помощью КДС MAN-CATs.

Компьютерная (углубленная) диагностика электронных систем автомобилей также может быть проведена с помощью специального компьютерно-диагностического комплекса, выполненного на базе ПЭВМ.

Принцип компьютерной диагностики (рис. 4) основан на следующем [3,4]:

- созданию и передаче под управлением ПЭВМ через диагностический интерфейс (адаптер), выполненный в соответствии со стандартом ISO 9141, электрических сигналов, инициализирующих связь с конкретным электронным блоком;
- приема информации от электронного блока, поступающей по диагностическому каналу;
- преобразовании информации в сигналы стандарта RS 232С;
- обработке этих данных по заданной программе и отображении результатов на экране ПЭВМ.



**Рис. 4. Структурная схема компьютерной диагностики мехатронных систем автомобиля МАЗ с двигателем MAN D2866-LF20**

Линия диагностического интерфейса ISO — 9141 используется для передачи команд и данных в электронный блок, а линия через адаптер — для приема данных от электронного блока, их ретрансляции и передачи по интерфейсу RS — 232С в ПЭВМ. При параметрировании систем эта линия может также использоваться для передачи данных в электронный блок. Диагностическая программа позволяет получить информацию о текущих неисправностях системы (активные неисправности), если они имеются, а также информацию о неисправностях, которые были, но в данный момент отсутствуют (пассивные неисправности). Кроме того, могут быть получены сведения о номере электронного блока, его изготовителе и дате изготовления, версии программного обеспечения, дате последнего изменения параметров.

С электронного блока системы управления двигателем могут быть считаны данные об общей наработке двигателя (суммарное число полных оборотов коленчатого вала, моточасы работы), в том числе на холостом ходу, общем пробеге автомобиля, пробеге после последнего ТО и т. д.

Диагностика неисправностей и установка параметров с помощью компьютерной контрольно-диагностической системы MAN-CATs

В состав компьютерной контрольно-диагностической системы (КДС) MAN-CATs входят: компьютер (ПК) типа «NOTEBOOK»; интерфейсный блок ISO-9141; переходной коммутационный блок; комплект соединительных кабелей; программное обеспечение (ПО).

Информация о содержании версий ПО получается аналогично после выбора указанного режима. Программное обеспечение КДС совместимо с операционной системой Windows '98. В комплект программ входят инсталляционный пакет и пакет программ для электронных систем и их модификаций. Связь с ЭБУ осуществляется по каналу в соответствии со стандартом ISO-9141.

После завершения загрузки ПО на экране ПК появляется основное меню режимов: диагностика; программирование параметров в режиме EOL (end of line); инсталляция системы; информация о содержании версий ПО MAN-CATs. Выбрав требуемый режим работы, например «Мот», в режиме «Диагностика» и версию EDC, далее можно выйти в диалоговый режим с ПК, который позволяет произвести диагностику системы или программирование параметров в режиме EOL. Инсталляция системы производится после выбора указанного режима и нажатия клавиши Enter. При этом на экране появляется информация о порядке работы с инсталляционными дискетами.

## Выводы

Самодиагностика является стандартной для всех микропроцессорных систем управления. При нормальной работе функции самопроверки обеспечиваются параллельно с другими функциями, такими, как впрыск топлива и зажигание; управление подвеской; работа АБС/ПБС и др. Самодиагностика характеризуется выполнением нескольких требований:

Контроль за работой сложных систем и узлов. Все усложняющаяся конструкция двигателя делает возможности самодиагностики весьма важными для обнаружения и устранения неисправностей. Целью является интегрирование всей системы в процесс диагностики.

Защита узлов и деталей, подвергающихся особому риску в случае появления неисправностей. Например, можно привести защиту каталитического нейтрализатора, реагирующего на пропуски зажигания в двигателе. Система реагирует на определенную частоту появления пропусков зажигания, отключая подачу топлива в неисправный цилиндр для предотвращения перегрева нейтрализатора.

Работа в аварийной ситуации осуществляется по величинам, принимаемым по «умолчанию». Например, при выходе из строя датчика нагрузки (определяющего массовый расход воздуха), генерируется сигнал его замены, базирующийся на значениях частоты вращения коленчатого вала и положения дроссельной заслонки.

Информация водителя о неисправностях системы диагностики с помощью индикаторных ламп, дисплеев и акустических приборов предупреждения. В США определены требования к бортовой диагностике автомобилей. В Европе разрабатываются аналогичные нормы для выявления нарушений в устройствах для снижения токсичности отработавших газов.

Хранение точной информации. Система хранит в ЕСУ предупреждающую информацию и данные об отдельных неисправностях. Также в запоминающем устройстве хранятся данные об условиях работы двигателя на момент первоначального обнаружения ошибки. Тип и полнота информации регламентируются стандартами ISO.

Доступ к хранимым ошибкам. Данные, хранящиеся в памяти системы самодиагностики во время работы автомобиля, могут быть переданы на диагностический стенд с дисплеем через последовательно подключенный многоканальный вход (порт). Необходимые для этого протоколы обмена приведены в стандартах ISO-9141 и ISO-14230.

Наиболее простым вариантом передачи данных об ошибках является сообщение в форме мигающего кода на приборном щитке измерительной аппаратуры. Это помогает обслуживающему персоналу ускорить диагностику путем сужения поля возможных источников неисправностей.

### Список литературы

Бутылин В.Г., Иванов В.Г., Лепешко И.И., Лещинский А.И., Юхнов. Анализ и перспективы развития мехатронных систем управления торможением колеса. — Мехатроника. Механика. Автоматика. Электроника. Информатика. 2000. — № 2. — С. 33–38.

Данов Б.А., Титов Е.И. Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой. — М.: Транспорт, 1998. — 78 с.: ил.

Данов Б.А. Электронные системы управления иностранных автомобилей. — М.: Горячая линия — Телеком, 2002. — 224 с.: ил.

Сига Х., Мидзутани С. Введение в автомобильную электронику: Пер. с японск. — М.: Мир, 1989. — 232 с., ил.

*Анотація.* На прикладі мехатронної системи управління двигуном та трансмісією автомобілів показано особливості технології їх діагностування.

*Abstract.* On example of vehicle diagnostic methatronic system of engine and transmission steering the peculiarities of their diagnostic technology have been presented.

Стаття надійшла до редакції 02.04.2008 р.



**АВТОРИ НОМЕРУ**

1. Абрамова Л.С., Харківський національний автомобільно-дорожній університет
2. Вікович І.А., Інститут Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного Національного університету «Львівська політехніка»
3. Волков В.П., Харківський національний автомобільно-дорожній університет
4. Волков Ю.В., Харківський національний автомобільно-дорожній університет
5. Волобуєва Т.В., Донецький інститут автомобільного транспорту
6. Доля В.К., Харківська національна академія міського господарства
7. Ільчишин О.В., Донецький інститут автомобільного транспорту
8. Криводубський О.О., Донецький інститут автомобільного транспорту
9. Лозовий І.С., Інститут Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного Національного університету «Львівська політехніка»
10. Мойся Д.Л., Донецький інститут автомобільного транспорту
11. Рижко А.Ю., Харківський національний автомобільно-дорожній університет
12. Рогов А.В., Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
13. Савенок Д.В., Автомобільно-дорожній інститут Державного Донецького національного технічного університету
14. Сумець О.М., Академія внутрішніх військ МВС України
15. Черевко Ю.М., Інститут Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного Національного університету «Львівська політехніка»
16. Черкашин Д.В., Інститут міського господарства Національного авіаційного університету
17. Чернобаєв М.С., Харківський національний автомобільно-дорожній університет
18. Чикунов П.О., Донецький інститут автомобільного транспорту

## ПРАВИЛА ПОДАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Для публікування в журналі «Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту» приймаються неопубліковані раніше наукові статті в галузі транспорту і двигунів внутрішнього згоряння; проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг; надійності й довговічності механізмів і машин; транспортних технологій; економіки транспорту.

Для публікації наукової статті в редакцію необхідно представити наступні документи:

- **код УДК** (універсальний десятичний класифікатор);
- **анотацію** українською, російською та англійською мовами;
- **експертний висновок** про можливість відкритого публікування;
- **витяг із протоколу** засідання кафедри про дозвіл відкритого публікування статті;
- **завірену рецензію** доктора наук;
- **відомості про автора(-ів)** (прізвище, ім'я та по батькові, вчений ступінь, вчене звання, посада, місце роботи, службовий або домашній телефон, адреса або e-mail).

Текст рукопису повинен містити такі розділи, як:

- **постановка проблеми**, де відображається історія предмету дослідження, актуальність та сучасний стан проблеми;
- **аналіз останніх досліджень**, на які спирається автор, виділення невирішених раніше аспектів загальної проблеми, яким присвячується означена стаття;
- **мета статті** (постановка задачі);
- **основний розділ** (можливі підрозділи);
- **висновки**, де стисло та чітко сумуються основні результати, які були одержані автором(-ами).

Стаття подається у 2-х варіантах — у друкованому вигляді на папері формату А4 (2 пр., з нумерацією сторінок) та електронному (на дискеті 3,5 дюйми).

У журналі друкуються статті українською, російською та англійською мовами.

### Вимоги до рукописів

1. **Ініціали та прізвища автора (-ів)**, назву статті необхідно представити українською, російською та англійською мовами.

2. **Основні елементи статті** розміщуються у наступній послідовності: код УДК; ініціали та прізвища авторів; повна назва організації, в якій виконані дослідження; назва статті; анотація мовою оригіналу (не більш 80 слів, ширина рядка 130 мм).

3. **Обсяг** наукової статті 5–10 сторінок тексту, які включають таблиці, ілюстрації (4 рисунки дорівнюють 1 сторінці), перелік літератури. **Обзорні статті** — до 12 сторінок, інформаційні та рекламні — не більше 1 сторінки.

4. **Текст** повинен бути набраний у форматі Word for Windows версії 6.0–8.0.

- параметри сторінки – А4 (210 x 297 мм);
- орієнтація — книжкова;
- поля — верхнє — 15 мм, нижнє — 25 мм, ліве — 20 мм, праве — 20 мм;
- шриффт — Times New Roman Суг., розмір — 12 пунктів;
- весь текст повинен бути набраний стилем «Звичайний» (Normal);
- перша строка — відступ 7,5 мм;
- міжрядковий інтервал — 1,5;
- вирівнювання — на ширину сторінки.

5. **Перелік літератури** виконується згідно ГОСТу 7.1-84 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила составления» та в порядку посилання.

6. **Таблиця** повинна мати тематичну назву та порядковий номер (без знаку №), на який дається посилання у тексті.

7. **Рисунки та графіки** повинні бути пронумеровані в порядку посилання у тексті. Кожний рисунок розміщується в окремому файлі (формати bmp, tif; інші — тільки з дозволу редакції). Підрисуючі підписи з номером рисунка, пишуться на окремому папері.

Кольорові та фонові рисунки не допускаються.

**8. Формули, терміни, одиниці виміру:**

Усі формули повинні бути набрані у редакторі формул **Microsoft Equation 2.0, 3.0**. В редакторі формул повинні бути наступні параметри:

– відстань до знаку — 60%;

– розмір — звичайний — 12 пт.; великий індекс 8 пт.; маленький індекс — 6 пт.; великий символ — 12 пт.; маленький символ — 10 пт.

Нумерація формул дається арабськими цифрами в круглих дужках праворуч.

При виборі одиниць виміру слід дотримуватись системи СІ. Ціла частина числа від десятичної відділяється комою. Посилання на джерела беруться у квадратні дужки.

**Статті, які не відповідають вимогам, повертаються авторам для доробки.**