

# ВЕСТНИК

*Белорусско-Российского университета*

*Научно-методический журнал  
Издается с октября 2001 г.*

*Периодичность – 4 раза в год*

3 (40) 2013

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАШИНОСТРОЕНИЕ

**БОБРОВНИК А. И., РЫНКЕВИЧ С. А., АЛЬ-КИНАНИ М.**

Переключение передачи на экономичный режим независимого вала отбора мощности ..... 6

**БОГДАНОВ С. В., КУЗМЕНКО И. М.** Обеспечение неразрывности сцепления заполнителя и металлической арматуры КНЭСК при выполнении сварных соединений монтажного стыка..... 13

**МИНАКОВ А. П., КАМЧИЦКАЯ И. Д., ИЛЮШИНА Е. В., ЮШКЕВИЧ Н. М.** Техничко-экономическая эффективность пневмовибродинамической обработки направляющих станин станков ..... 23

**МИШУТА Д. В., МИХАЙЛОВ В. Г.** Влияние конструктивных параметров автомобиля и его подвески на устойчивость и управляемость штабной машины ..... 30

**ПРУДНИКОВ А. П., ЛУСТЕНКОВ М. Е., ФИТЦОВА Е. С.** Результаты экспериментальных исследований цилиндрической кулачковой роликовой передачи ..... 37

**ТАРАСИК В. П., ГОРБАТЕНКО Н. Н., ПЛЯКИН Р. В.** Система мониторинга технического состояния гидромеханической передачи ..... 46

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ТАРАСИК В. П., САВИЦКИЙ В. С.</b> Выбор кинематической схемы планетарной коробки передач карьерного самосвала..... | 57 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>СИМОНЕНКО А. А., КОВАРСКАЯ Е. З.</b> К вопросу о таможенном контроле плотности древесины ..... | 67 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

|                                                                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>КОВАЛЬ А. С., ШВАЯКОВ А. В., ЕФИМЕНКО Е. В.</b> О реализации управляемого в функции тормозного пути торможения в массовых лифтах ..... | 74 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

|                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>ОПАНАСЮК И. Л., ОПАНАСЮК Л. Г., РЕУТСКИЙ И. А., ПАЙТРА А. П.</b> Резервы повышения эффективности производства отделочных работ при возведении жилых и общественных зданий ..... | 82 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>СЕМЕНЮК С. Д., ФРОЛКОВ И. С., МАМОЧКИНА М. Г., ДИВАКОВА Г. А.</b> Прочность и деформативность бетона средних классов по результатам испытаний ..... | 92 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## ОХРАНА ТРУДА. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>ГАЛЮЖИН С. Д., ГАЛЮЖИН А. С., ЛОБИКОВА О. М.</b> Ноосфера: утопия или реальность?..... | 101 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

## ЭКОНОМИКА. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

|                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>НАРКЕВИЧ Л. В., ТУРЧЕНКО Е. И.</b> Использование факторных параметров SWOT-анализа в управлении торговой организацией на примере ОАО «Универмаг «Центральный»..... | 113 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>НАРКЕВИЧ Л. В., ХРОМЕНКОВА А. Н.</b> Аналитическая поддержка планирования товарооборота ОАО «Универмаг «Центральный» ..... | 122 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

---

**НЕЧАЕВА Т. Г., КОМАРОВА С. Л., ЛАЗАРЕВА О. В.**

|                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Мониторинг конкурентов на рынке конструкций из ПВХ-профиля и оценка выбора способа финансирования вложений в основной капитал малого предприятия ..... | 130 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|

**РОМАНЬКОВА Т. В., БОРОДКИНА Н. Н.**

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Методика эффективности использования основных средств предприятия..... | 140 |
|------------------------------------------------------------------------|-----|

- *Журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по техническим наукам*
- *Публикуемые материалы рецензируются*
- *Подписные индексы: для индивидуальных подписчиков – 00014  
для предприятий и организаций – 000142*

## CONTENTS

### MECHANICAL ENGINEERING

|                                                                                                                                                                                                         |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>BOBROVNIK A. I., RYNKEVICH S. A., AL-KINANI M.</b><br>Shifting gears to the economy mode of an independent power<br>take-off shaft .....                                                             | 6  |
| <b>BOGDANOV S. V., KUZMENKO I. M.</b> Ensuring the con-<br>tinuity of aggregate and metal reinforcement cohesion in<br>composite bearing elements (CBEBS) during making welded<br>erection joints ..... | 13 |
| <b>MINAKOV A. P., KAMCHITSKAYA I. D.,<br/>ILYUSHINA E. V., NYUSHKEVICH N. M.</b> Technical<br>and economic efficiency of pneumo-vibro-dynamic tre-<br>atment of machine bed ways.....                   | 23 |
| <b>MISHUTA D. V., MIKHAILOV V. G.</b> Effect of design<br>Parameters of the vehicle and its suspension on stability<br>and steer ability of a command vehicle .....                                     | 30 |
| <b>PRUDNIKOV A. P., LUSTENKOV M. Y., FITSOVA E. S.</b><br>Results of experimental study on the cylindrical cam roller<br>transmission.....                                                              | 37 |
| <b>TARASIK V. P., GORBATENKO N. N., PLIAKIN R. V.</b><br>The system for monitoring the technical condition of hydro-<br>mechanical transmissions.....                                                   | 46 |
| <b>TARASIK V. P., SAVITSKY V. S.</b> Selection of kinematic<br>scheme of the planetary gearbox for a quarry dump truck.....                                                                             | 57 |

### INSTRUMENT MAKING

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>SIMONENKO A. A., KOVARSKAYA E. Z.</b> On the issue<br>of customs control of wood density ..... | 67 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

### ELECTRICAL ENGINEERING

|                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>KOVAL A. S., SHVAYAKOV A. V., YEFIMENKA Y. V.</b><br>On implementation of mass-produced elevators braking<br>controlled in the function of braking distance ..... | 74 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## CIVIL ENGINEERING. ARCHITECTURE

- APANASIUK I. L., APANASIUK L. G., REUTSKY I. A., PAITRA A. P.** Reserves of increasing the efficiency of finish work in the construction of residential and public buildings..... 82
- SEMENYUK S. D., FROLKOV I. S., MAMOCHKINA M. G., DIVAKOVA G. A.** Strength and deformability of concrete of medium grades according to the results of testing ..... 92

## LABOUR PROTECTION. ENVIRONMENT PROTECTION. GEOECOLOGY

- HALIUZHYN S. D., HALIUZHYN A. S., LOBIKOVA O. M.** Noosphere: utopia or reality?..... 101

## ECONOMICS. ECONOMIC SCIENCES

- NARKEVICH L. V., TURCHENKO E. I.** Application of factor parameters of SWOT-analysis in the commercial organization management exemplified by OAO «Tsentralny» department store..... 113
- NARKEVICH L. V., KHROMENKOVA A. N.** Analytical support for planning goods turnover at OAO «Tsentralny» department store ..... 122
- NECHAYEVA T. G., KOMAROVA S. L., LAZAREVA O. V.** Monitoring of the competition in the market of PVC profile structures and evaluation of the method of financing investments in fixed assets of a small-scale business ..... 130
- ROMANKOVA T. V., BORODKINA N. N.** Methods of effective use of enterprise fixed assets..... 140

## МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 629.3

*А. И. Бобровник, С. А. Рынкевич, М. Аль-Кинани*

### ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ПЕРЕДАЧИ НА ЭКОНОМИЧНЫЙ РЕЖИМ НЕЗАВИСИМОГО ВАЛА ОТБОРА МОЩНОСТИ

UDC 629.3

*A. I. Bobrovnik, S. A. Rynkevich, M. Al-Kinani*

### SHIFTING GEARS TO THE ECONOMY MODE OF AN INDEPENDENT POWER TAKE-OFF SHAFT

#### Аннотация

Описаны процессы переключения передач трактора «Беларус» класса 5.0 при переходе на экономичный режим работы с учетом независимого вала отбора мощности (ВОМ). В конструкции трактора предложено механическое переключение режимов работы экономичного ВОМ заменить на переключение с помощью фрикционных муфт с гидроподжатием. Получена динамическая и математические модели системы с элементами узлов ВОМ. Выражения для расчета работы, времени буксования фрикционных муфт и времени разгона трактора при переключении передач в ВОМ с различной степенью перекрытия универсальны, т. к. позволяют выполнять расчеты при переключении передач как с различной степенью перекрытия, так и при трогании и разгоне с места.

#### Ключевые слова:

трактор, переключение передач, вал отбора мощности, экономичный режим, переключение под нагрузкой.

#### Abstract

The paper describes processes of gear shifting in the «Belarus» tractor of 5.0 class, when it is switched to the economy operation with regard to the independent power take-off (PTO) shaft. It has been suggested that the mechanical switching of operation modes of an economical PTO shaft would be replaced by switching by means of friction clutches with hydraulic prepressure. The dynamic and mathematical models of the system with elements of PTO shaft components have been obtained. The obtained expressions are universal for calculating the operation, the time of slipping of friction clutches and the time of tractor acceleration during gear shifting in the PTO shaft with a varying degree of overlap, because they allow calculations to be performed when shifting gears with a varying degree of overlap, and also, when starting and accelerating from stop.

#### Key words:

tractor, gear shifting, power take-off (PTO) shaft, economy mode, power shifting.

В современных тракторах широко применяют переключение передач в коробках передач с различной степенью перекрытия.

В конструкции трактора «Беларус» класса 5.0 предложено механическое переключение режимов работы

экономичного ВОМ заменить на переключение с помощью фрикционных муфт (ФМ) с гидроподжатием.

Известно, что перекрытие передачи при переключении под нагрузкой осуществляется с кратковременным разрывом и без разрыва потока мощ-

ности, передаваемого от двигателя. При одновременной работе двух передач в течение короткого отрезка времени  $t_n$  (времени перекрытия передач) происходит безразрывное переключение передач, параметры которого зависят от параметров машинно-тракторного агрегата и условий его эксплуатации [1, 2].

Процесс переключения с низкой передачи на экономичный рассмотрен на примере схемы привода редуктора ВОМ с двумя параллельными валами (рис. 1) с учетом затрат мощности на сопротивление перекачиванию трактора и сопротивление технологической машины через ВОМ.

Важнейшие параметры привода:

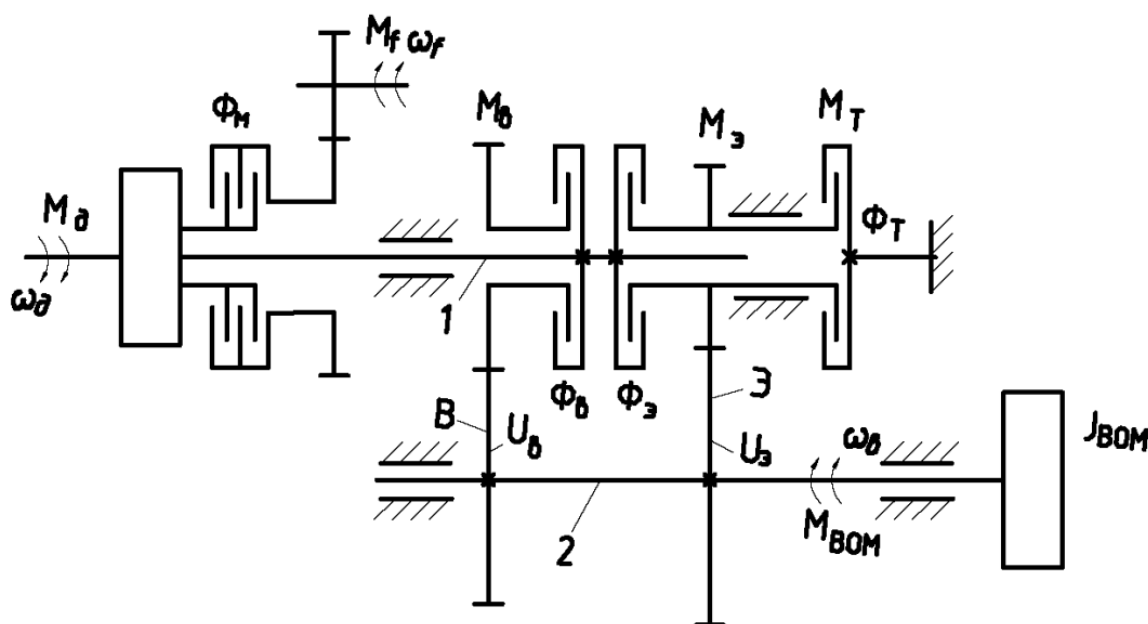


Рис. 1. Двухмассовая динамическая модель системы с элементами узлов ВОМ: 1, 2 – ведущий и ведомый ВОМ;  $\Phi_b$  и  $\Phi_z$  – фрикционы высшей и экономичной передач;  $M_d$  и  $\omega_d$  – крутящий момент и угловая скорость вала двигателя, приведенные к валу включаемой ФМ;  $I_d$  – момент инерции движущихся частей двигателя и связанных с ними деталей, приведенный к валу включаемой ФМ;  $M_{\text{ВОМ}}$  и  $I_{\text{ВОМ}}$  – момент сопротивления движению и момент инерции ВОМ тракторного агрегата;  $\omega_n$  – угловая скорость ведомого вала;  $u_b$  и  $u_z$  – передаточные числа;  $\Phi_n$  – фрикционная передача главной муфты сцепления;  $M_f$  – момент сопротивления перекачиванию и угловая скорость при перекачивании трактора

При схематизации закона изменения крутящего момента двигателя  $M_d$  примем, что момент сопротивления агрегата изменяется при переключении передачи с передаточного числа  $i$  на  $i_2$ .

Крутящий момент двигателя пропорционален текущему времени  $t$  вклю-

чения муфты буксования фрикционной муфты, время буксования  $t_b$  включения экономичного режима, время разгона на заданном режиме. Для их определения используем теоретическую диаграмму разгона (рис. 2).

При построении диаграммы принято, что момент  $M_t$  трения включаемой муфты изменяется по линейному закону. Это допущение подтверждено экспериментальными исследованиями разгона различных фрикционов тракторных агрегатов. При принятом темпе включения фрикциона момент трения возрастает по закону, близкому к линейному [1, 2].

чения муфты ВОМ и муфты сцепления от  $k'_3 M_{\text{дн}}$  до  $k_3 M_{\text{дн}}$ . Здесь  $k'_3$  и  $k_3$  – коэффициенты загрузки двигателя, определяемые соответственно сопротивлением перекачиванию  $M_f$  и сопротивлением ВОМ  $M_c$  на передаче и при переключении;  $M_{\text{дн}}$  – номинальный

крутящий момент двигателя, приведенный к валу включаемой фрикционной муфты. При этом полагаем, что в момент времени  $t_0$

$$M_d = M_3 + M_f = M_{\text{ВОМ}} + M_f,$$

где  $M_{\text{ВОМ}}$  – момент сопротивления рабочего оборудования от независимого вала отбора мощности, приведенный к валу фрикциона. В интервале времени  $t_0 \dots t_m$ , к концу которого заканчивается включение фрикционов, принимаем, что  $M_d$  изменяется также пропорционально текущему времени буксования, достигая величины  $M_{\text{дн}}$ ;  $t_m$  – время включения фрикционной муфты.

В интервале времени  $t_m \dots t_6$ , в конце которого завершается буксование  $\Phi_3$ , примем  $M_d = k_3 M_{\text{дн}}$ .

При выводе расчетных формул влиянием податливости и демпфированием в элементах трансмиссии и ВОМ, тангенциальной податливостью и буксованием движителя, а также зазорами в зубчатых передачах трансмиссии и в сцепке пренебрегаем.

В качестве расчетной принимаем двухмассовую динамическую систему с двумя фрикционными связями, т. к. при переключении муфт возможен режим, когда мощность от двигателя к валу отбора мощности передается одновременно двумя фрикционными муфтами. При этом разгон ведомых частей включаемых муфт происходит не с нулевой, а с угловой скоростью  $\omega_{\text{ВОМ1}}$ , соответствующей снижению скорости  $\omega_{\text{ВОМ}}$ .

Процесс переключения условно разделим на два этапа: перекрытие и разгон. Перекрытие соответствует периоду времени от 0 до  $t_0$ , при котором момент  $M_3$  достигнет значения  $M_{\text{ВОМ}}$ , приведенного к валу включаемой фрикционной муфты на экономичном режиме.

Принимаем, что в начальный момент времени  $t_0$  муфта  $M_b$  замкнута и поток мощности от двигателя передается только через передачу в.

Процесс переключения передач начинается включением  $\Phi_3$  и одновременно выключением  $\Phi_b$ . Принимаем при этом, что  $\Phi_b$  не буксует, а следовательно, угловая скорость ведомого вала 2 не изменится и будет соответствовать передаче в, т. е.

$$\omega_2 = \frac{\omega_d}{u_b},$$

где  $\omega_d$  – угловая скорость коленчатого вала двигателя.

Это связано с тем, что момент трения  $M_b$  определяется статическим коэффициентом трения в контакте неподвижных дисков, которые по величине существенно больше динамического коэффициента трения подвижных дисков  $\Phi_3$ . Угловая скорость вращения ведомых частей  $\Phi_3$  определяется как

$$\omega_{\text{п}} = \omega_d = \omega_d \cdot \frac{u_3}{u_b}.$$

При этом  $u_3 / u_b < 1$ . Следовательно, в начале процесса переключения передач ведущие диски  $\Phi_3$  вращаются быстрее ведомых. В результате включаемая  $\Phi_3$ , буксуя, начинает передавать мощность в направлении от ведущего вала 1 к ведомому валу 2. Однако момента трения  $\Phi_3$  в начале переключения при  $t < t_0$  ещё недостаточно для преодоления момента  $M_{\text{ВОМ}} = M_c$ , приведенного к валу включаемой фрикционной муфты. Поэтому  $\Phi_b$  для преодоления момента  $M_c$  также передает крутящий момент  $M_b$ , который при прочих равных условиях зависит от момента трения муфты  $M_3$ , включаемой на передаче э.

Таким образом, на данном этапе переключения передачи мощность от вала 1 к 2 передается двумя параллельными потоками: через передачи в и э (см. рис. 1).

По мере увеличения момента трения муфты  $M_3$  поток мощности, передаваемый через передачу э, возрастает, а через передачу в – уменьшается. Этап безраз-



рывного переключения передачи при оптимальном перекрытии заканчивается, когда поток мощности через передачу в обращается в 0, хотя  $\Phi_в$ , а следовательно, и передача в ещё могут быть включены. Это происходит при времени  $t_0$ .

Запишем уравнения динамики для ведущих и ведомых частей включаемой  $\Phi_3$  (см. рис. 1):

$$M_d - M_\phi - M_в = I_d \cdot \frac{d\omega_d}{dt}; \quad (1)$$

$$M_в \cdot \frac{u_в}{u_3} + M_3 - M_{в\text{ом}} = I_{\text{в\text{ом}}} \cdot \frac{d\omega_2}{dt}, \quad (2)$$

где  $I_d$  – момент инерции движущихся частей двигателя и связанных с ним деталей, приведенных к валу  $\Phi_3$ ;  $\omega_2$  – угловая скорость ведомого вала 2;  $I_{\text{в\text{ом}}}$  – момент инерции деталей вала отбора мощности и рабочей машины, приведенных к валу  $\Phi_3$ .

Из уравнения (1) следует, что на первом этапе переключения передачи момент  $M_d$  от вала 1 к валу 2 передается через две фрикционные муфты одновременно двумя параллельными потоками. При этом каждая из передач трансформирует подводимую к ней часть момента  $M_d$  в соответствии со своим передаточным числом. Следовательно, пренебрегая потерями в зацеплении зубчатых колес, получаем силовое передаточное число рассматриваемого узла на первом этапе переключения:  $u_3 < \hat{u} < u_в$ .

Если принять, что  $\omega_d$  в период перекрытия не изменяется и  $d\omega_d/dt = 0$ , то уравнения (1) и (2) примут вид:

$$M_d - M_в - M_3 = 0;$$

$$M_в \cdot \frac{u_в}{u_3} + M_3 - M_{\text{в\text{ом}}} = 0.$$

На этапе оптимального перекрытия в интервале времени от 0 до  $t_0$

$$M_T = M_{\text{дн}} \cdot k_3 \cdot \frac{t}{t_0}.$$

$$\text{Здесь } t_0 = t_m \cdot \frac{k_3}{\beta}, \text{ где } \beta - \text{коэф-}$$

фициент запаса включаемой ФМ.

$$M_c = k_3 M_{\text{дн}};$$

$$\frac{u_3}{u_в} = \frac{k'_3}{k_3};$$

$$M_d = k'_3 M_{\text{дн}} + M_{\text{дн}} \frac{k_3 t}{t_0 \left( 1 - \frac{u_3}{u_в} \right)};$$

$$M_в = M_{\text{дн}} \left( k'_3 - k_3 \cdot \frac{t \cdot u_3}{t_0 u_в} \right).$$

Анализ полученного выражения показывает, что при  $t = t_0 M_в = 0$ . В этот момент времени заканчивается первый этап переключения передачи при оптимальном перекрытии, т. е. момент на валу  $M_в$  равен нулю тогда, когда момент на валу  $\Phi_3$  становится достаточным для преодоления момента  $M_{\text{в\text{ом}}}$ . Следовательно, начиная с момента  $t_0$  одновременная работа двух передач отсутствует.

Силовое передаточное число  $\hat{u}$  узла переключения за период оптимального перекрытия будет изменяться согласно выражению

$$\hat{u} = \frac{u_в}{1 + t \left( \frac{u_в}{u_3 - 1} \right) \frac{1}{t_0}}.$$

$$\text{При } t = 0 \quad \hat{u} = u_в.$$

По мере нарастания времени  $t$  число  $\hat{u}$  уменьшается, а при  $t = t_0 \quad \hat{u} = u_3$ .

Кинематическое передаточное число  $u = \frac{u_d}{u_{\text{в\text{ом}}}}$  узла переключения на

первом этапе переключения остается постоянным и равным  $u_в$ .

Работа буксования  $\Phi_3$  в интервале времени  $0 \dots t_0$  характеризуется интегралом

$$L_0 = \int_0^{t_0} M_3 (\omega_d - \omega_2) dt,$$

заменив в котором параметры  $M_3$ ,  $\omega_d$ ,  $\omega_2$ , получим

$$L_0 = 0,5 M_{дн} \omega_{дв} k_3^2 t_m \left( 1 - \frac{u_3}{u_b} \right) \frac{1}{\beta}.$$

Здесь

$$\omega = \omega_{дх} - k'_3 (\omega_{дх} - \omega_{дн}),$$

где  $\omega_{дв}$  и  $\omega_{дх}$  – угловые скорости вала двигателя при эксплуатационной нагрузке ВОМ на передаче в и на холостом ходу, приведенная к валу включения  $\Phi_3$ .

Если по окончании первого этапа муфта  $\Phi_b$  не будет выключена, то начинается второй этап переключения с избыточным перекрытием. Он начинается в момент времени  $t_0$ , когда крутящий момент  $M_b$  обратится в нуль. В момент времени  $t = t_0$   $M_b = 0$  даже при полностью включенной ФМ. Это связано с тем, что в момент времени  $t = t_0$  момент  $M_3$  становится достаточным для преодоления сопротивления ВОМ, а  $\Phi_b$  не буксует.

При  $t > t_0$  момент  $M_3$  продолжает увеличиваться. В результате этого включаемая передача начинает подводить к ведомому валу большую мощность, чем требуется для обеспечения движения ВОМ со скоростью  $V_b$ , соответствующей передаче в, что должно было бы выровнять скорости  $V_b$  и  $V_3$ . Однако если момент  $M_b$  выключаемой передачи ещё достаточно велик, то передача в препятствует разгону ВОМ, отводя избыточную мощность, подводимую передачей э, обратно с ведомого вала 2 на ведущий вал 1. Это приводит к циркуляции мощности в контуре узла, образованном валами 1 и 2 и передачами в и э.

В результате на этом этапе исключается возможность разгона агрегата при буксовании фрикциона с постоянной относительной угловой ско-

ростью (см. рис. 2). Возникающая циркуляция мощности не вызывает нарушения всего потока мощности, поступающей от двигателя к ВОМ, поскольку циркулирует только избыточная часть мощности, подводимая к ведомому валу передачей э. При полном выключении  $\Phi_b$  этап избыточного перекрытия заканчивается.

Уравнения динамики для ведущих и ведомых частей включаемой  $\Phi_3$  для интервала времени  $t_0 \dots t_n$  отличаются от уравнений (1) и (2) знаком при моменте  $M_b$ , определяющемся, как и на предыдущем этапе (см. рис. 2).

Преодоление внешней нагрузки, сопровождаемое циркуляцией мощности и буксованием  $\Phi_3$ , может привести к перегрузке двигателя. Анализ зависимости  $\omega_d$  от длительности циркуляции мощности (времени избыточного перекрытия) и других параметров показывает, что снижение  $\omega_d$  при переключении передач с избыточным перекрытием увеличивается по мере возрастания коэффициента  $k_3$  загрузки двигателя на передаче в, коэффициента  $\beta$  запаса  $\Phi_3$  и отношения  $\frac{u_b}{u_3}$ . При этом

чем выше коэффициент  $k$ , тем меньше снижения  $\omega_d$ .

$$\omega_d = \omega_{дв} + 0,5 M_{дн} \beta (t_n - t_0)^2.$$

$$\frac{[k - \beta \left( 1 - \frac{u_3}{u_b} \right) - k'_3]}{t_m [I_d + I_{ВОМ} \left( \frac{u_3}{u_b} \right)^2 (\beta - k_3)]}.$$

Однако, как показывает практика, на этапе избыточного перекрытия  $\omega_d$  изменяется незначительно [3]. Поэтому при схематизации закона изменения  $\omega_d$  с целью упрощения математических зависимостей примем, что на этапе избыточного перекрытия (как и на этапе оптимального перекрытия) угловая скорость вала двигателя, а следовательно, и ведомых частей трансмиссии не изменяются.

В интервале времени  $t_0 \dots t_{\pi}$  переключения передач (см. рис. 2) работа буксования  $\Phi_3$  при  $\frac{d\omega_d}{dt} = 0$  определяется выражением

$$L_1 = 0,5M_{\text{дн}}\omega_{\text{дв}}k_3(t_{\pi} - t_0)^2 \cdot \left( \frac{1 - u_3 / u_b}{t_0} \right).$$

Рассмотрим этап разгона ведомых частей агрегата, начинаемый после выключения  $\Phi_b$ . В начале этапа  $\omega_{\text{дв}} = \omega_d \frac{u_3}{u_b}$ , следовательно, ведомые диски  $\Phi_3$  вращаются с меньшей угловой скоростью, чем ведущие,  $\Phi_m$  буксует и мощность от вала 1 к валу 2 передается через передачу э (см. рис. 2). Вследствие этого под действием момента  $M_3$  агрегат разгоняется и одновременно снижается  $\omega_d$ . Важно отметить, что только на данном этапе происходит изменение кинематического передаточного числа  $u = \omega_d / \omega_2$  узла ВОМ от  $u_b$  до  $u_3$ . После окончания буксования  $\Phi_3$  ВОМ разгоняется на передаче к до скорости установившегося движения. На этом процесс переключения передач заканчивается.

Этап разгона ведомых частей отличается от этапа разгона тракторного агрегата (ТА) с места только начальными условиями, и в его начале относительная угловая скорость  $\omega_{\text{отн}}$  ведомых и ведущих дисков  $\Phi_3$  определяется отношением  $\omega_{\text{отн}} = \omega_{\text{дв}} \cdot (1 - u_3 / u_b - 1)$ .

В интервале времени  $t_{\pi} \dots t_m$  для случая разгона ТА по диаграмме с полкой (см. рис. 2) моменты  $M_3$  и  $M_d$  и угловые скорости  $\omega_d$  и  $\omega_{\text{ВОМ}}$  могут быть найдены по формулам:

$$\begin{aligned} M_3 &= M_{\text{дн}}(\beta - k_3)(t - t_0) / (t_m - t_0) + M_{\text{ВОМ}}; \\ M_d &= M_{\text{дн}}(k - k_3)(t - t_0) / (t_m - t_0) + M_{\text{ВОМ}}; \\ \omega_d &= \omega_{\text{дв}} - 0,5M_{\text{дн}}(\beta - k) \times \\ &\times (t - t_0)^2 / [I_b(t_m - t_0)]; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\omega_{\text{ВОМ}} = \omega_{\text{дв}} u_3 / u_b + 0,5M_{\text{дн}}(\beta - k_3) \times (t - t_0)^2 / [I_b(t_m - t_0)], \quad (4)$$

с учетом которых работа буксования  $\Phi_3$  примет вид

$$\begin{aligned} L_2 &= M_{\text{дн}}\beta[0,5\omega_{\text{дв}}(1 - u_3 / u_b) \times \\ &\times (t_m^2 - t_{\pi}^2) - 24^{-1}M_{\text{дн}}(t_m - t_{\pi})^2 \times \\ &\times ((\beta - k) / I_d + (\beta - k_3) / I_{\text{ВОМ}}) \times \\ &\times ((3t_m + t_{\pi}) - (t_{\pi} - t_0) \cdot (3t_{\pi} + t_m) : \\ &: (t_m - t_0))] / t_m, \end{aligned}$$

Время буксования  $t_6$  может быть найдено из выражений (3) и (4) при  $t = t_6$  и  $\omega_b = \omega_{\text{ВОМ}}$ .

На заключительном этапе разгона ТА по диаграмме с полкой в интервале времени  $t_m \dots t_6$  работу буксования можно рассчитать по формуле

$$\begin{aligned} L_3 &= 0,5M_{\text{дн}}\beta(t_6 - t_m) \times \\ &\times \left\{ \begin{aligned} &2\omega_{\text{дв}}(1 - u_3 / u_b) - \\ &- M_{\text{дн}}(t_6 - t_{\pi}) \times (\beta - k) : \\ &: I_d + (\beta - k_3) / I_{\text{ВОМ}} \end{aligned} \right\}. \end{aligned}$$

Полная работа  $L$  буксования ФМ включаемой передачи ВОМ для диаграммы разгона с полкой определяется суммой  $L = L_0 + L_1 + L_2 + L_3$ ,

Для расчета работы  $L$  буксования ФМ необходимо знать, к какому из случаев следует отнести разгон ТА. Для этого находят время  $t_m$  включения ФМ для частного случая разгона, при котором  $t_m = t_6$ :

$$\begin{aligned} t'_m &= 2\omega_{\text{дв}}(1 - u_3 / u_b) : \\ &: [M_{\text{дн}} \cdot ((\beta - k) / I_d + (\beta - k_3) / I_{\text{ВОМ}})] + t_{\pi}, \end{aligned}$$

если  $t'_m > t_m$ , то  $t_d > t_m$ , а если  $t'_m \leq t_m$ , то  $t_d \leq t_m$  и работу  $L$  и время  $t_6$  буксования ФМ включаемой передачи рассчитывают по соответствующим формулам.

Для определения времени  $t_p$  разгона ТА на включаемой передаче рассмотрим временной интервал  $t_6 \dots t_p$ , когда разгон обеспечивается запасом крутящего момента двигателя. Запишем уравнение моментов для двухмассовой

динамической модели применительно к элементарному узлу ВОМ (см. рис. 1) с условием, что  $\Phi_3$  в данном интервале времени уже не буксует.

$$M_d - M_{\text{ВОМ}} = (I_d + I_{\text{ВОМ}}) d\omega_d/dt. \quad (5)$$

При прочих равных условиях время разгона будет зависеть от вида диаграммы разгона. Поэтому рассмотрим оба случая ТА на заданной передаче.

Из уравнения (5) для случаев разгона по диаграмме с полкой и по треугольной диаграмме при  $t = t_p$  и  $\omega_d = \omega_{\text{рк}}$  соответственно получим

$$t_p = t_0 + 2(\omega_{\text{рк}} - \omega_d) \times \\ \times (I_d + I_{\text{ВОМ}}) / [M_{\text{дн}}(k - k_3)];$$

$$t_p = t_0 + 2(\omega_{\text{рк}} - \omega_d)(I_d + I_{\text{ВОМ}}) \times \\ \times (t_m / t'_m)^{0,5} / [M_{\text{дн}}(k - k_3)],$$

где  $\omega_{\text{рк}}$  – угловая скорость вала двигателя при эксплуатационной нагрузке на передаче  $k$ , приведенная к валу  $\Phi_t$ ,

$$\omega_{\text{рк}} = \omega_{\text{дх}} - k_3(\omega_{\text{дх}} - \omega_{\text{дн}}).$$

Полученные выражения для расчета работы  $L$ , времени  $t_0$  буксования ФМ и времени  $t_p$  разгона ТА при переключении передач в ВОМ с различной степенью перекрытия универсальны, т. к. позволяют выполнять расчеты при переключении передач как с различной степенью перекрытия, так и при трогании и разгоне с места. Для случая разгона с места на заданной передаче принимаем время перекрытия  $t_{\text{п}} = 0$  и отношение  $\frac{u_3}{u_b} = 0$ . В результате расчет-

ные зависимости принимают вид, приведенный в работе для случая разгона ТА с места на заданной передаче.

Для проверки достоверности математической модели процесса буксования ФМ в ВОМ и методики расчета его работы буксования при переключении передач с различной степенью перекрытия расчетную работу буксования сопоставляли с экспериментальной.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Переключение передач в КП трактора без разрыва потока мощности / В. М. Шарипов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 5. – С. 19–23.
2. Теория и проектирование фрикционных сцеплений колесных и гусеничных машин / В. М. Шарипов [и др.] ; под общ. ред. В. М. Шарипова. – М. : Машиностроение, 2010.
3. **Львовский, К. Я.** Исследование процессов переключения передач под нагрузкой в тракторных трансмиссиях : дис. ... канд. техн. наук / К. Я. Львовский. – М., 1970.

*Статья сдана в редакцию 24 июня 2013 года*

**Александр Иванович Бобровник**, д-р техн. наук, Белорусский аграрный технический университет.  
**Сергей Анатольевич Рынкевич**, д-р техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.  
**Мухаммед Аль-Кинани**, аспирант, Белорусский аграрный технический университет.

**Aleksandr Ivanovich Bobrovnik**, DSc (Engineering), Belarusian State Agrarian Technical University.  
**Sergey Anatolyevich Rynkevich**, DSc (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.  
**Mohammed Al-Kinani**, PhD student, Belarusian State Agrarian Technical University.

---

УДК 621.791

*С. В. Богданов, И. М. Кузменко*

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕРАЗРЫВНОСТИ СЦЕПЛЕНИЯ ЗАПОЛНИТЕЛЯ И МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРМАТУРЫ КНЭСКО ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МОНТАЖНОГО СТЫКА**

---

UDC 621.791

*S. V. Bogdanov, I. M. Kuzmenko*

## **ENSURING THE CONTINUITY OF AGGREGATE AND METAL REINFORCEMENT COHESION IN COMPOSITE BEARING ELEMENTS (CBEBS) DURING MAKING WELDED ERECTION JOINTS**

---

### **Аннотация**

Рассмотрены средства обеспечения неразрывности сцепления металлической арматуры и заполнителя композитных несущих элементов (КНЭСКО) при сварке на монтаже. Приведено параметрическое уравнение, выведенное для определения геометрических параметров защитных элементов, обеспечивающих неразрывность. Проведено численное исследование справедливости принятых при выведении этого уравнения допущений.

### **Ключевые слова:**

сварной монтажный стык, композитный несущий элемент, неразрывность сцепления, монтажная сварка.

### **Abstract**

The article deals with the means to adhesion continuity ensuring of metallic reinforcement and filler of composite bearing elements (KNESK) during welding of field joints. A parametric equation derived to determine the geometric parameters of the protective elements to ensure adhesion continuity is given. A numerical study to justify simplifications and assumptions adopted to derive this equation is held.

### **Key words:**

welded joint assembly, composite bearing element, adhesion continuity, field joints.

---

### **Введение**

Главным условием, положенным в основу при разработке КНЭСКО, как и любого другого композитного несущего элемента, было взаимное исключение недостатков используемых компонентов [1]. На этапе эксплуатации это условие соблюдено полностью – сварная оболочечная арматура располагается для эффективного восприятия растягивающих усилий, твердеющие заполнители – для повышения ее устойчивости к потере несущей способности и восприятия

сжимающих усилий. На этапе монтажа данное условие не выполняется – не используется основное преимущество сварной оболочечной арматуры – быстрый монтаж сваркой. Соблюдение этого условия и расширение областей эффективного применения КНЭСКО [2, 3] обеспечивается повышением уровня индустриализации их монтажа за счет специальных монтажных стыков, выполняемых только сваркой без использования «мокрых» технологий бетонирования [4, 5].

**КНЭСК и их монтажные стыки**

Композитные несущие элементы и их монтажные стыки состоят из металлической сварной оболочечной арматуры, выполненной из конструкционных сталей, заполненной твердеющими материалами, в большинстве случаев на основе бетона. Для изготовления формообразующих листов и листовых упрочняющих элементов применяется конструкционная низкоуглеродистая или низколегированная сталь, в редких случаях могут использоваться высоколегированные стали. Стержневые армирующие элементы выполняются как из конструкционных, так и из высокопрочных сталей. Бетоны используют легкие и тяжелые со средней плотностью 2200...2400 кг/м<sup>3</sup>. Высокотемпературному нагреву на монтаже подвергаются элементы, находящиеся в зоне термического влияния сварных соединений монтажного стыка – формообразующие листы, их отбортовки, листовые армирующие элементы и бетонный заполнитель, расположенный в этой зоне.

Для исключения нарушения сцепления заполнителя и сварной оболочечной арматуры во время сварки на монтаже, а следовательно, для защиты от раскрошивания бетона и потери сцепления между бетоном и металлом необходимо поддерживать температуру на поверхностях, контактирующих с бетоном, не выше определенного уровня, что не вызовет возникновения напряжений, превышающих силы сцепления бетона и металла [6]. Это ограничение обусловлено тем, что до определенной температуры металл и бетон имеют близкие значения коэффициентов температурного линейного расширения. Соответственно, оболочечная арматура и заполнитель при нагреве будут деформироваться одинаково, что не вызовет возникновения напряжений на границах раздела сред, превышающих силы их сцепления. Для построения сводной диаграммы коэффициентов линей-

ного расширения в зависимости от температуры взяты максимальные и минимальные значения коэффициентов температурного линейного расширения как для бетона, так и для стали. Для конструкционных сталей максимумом этого коэффициента обладает сталь 08Г2С, а минимумом – сталь 16ГС [7]. У легких и тяжелых бетонов при 100 °С коэффициент температурного линейного расширения находится в пределах от  $7 \cdot 10^{-6}$  до  $10 \cdot 10^{-6}$  °С<sup>-1</sup> [6]. Аппроксимация коэффициента линейного теплового расширения затвердевшего бетона на другие температуры выполнена по зависимостям для расчета железобетонных конструкций [8]. Построена диаграмма зависимости максимумов и минимумов коэффициентов температурного линейного расширения бетона и стали от температуры (диаграмма термодеструкционной совместимости стали и бетона) (рис. 1).

По сводной диаграмме коэффициентов линейного теплового расширения в зависимости от температуры определены температурные границы неразрывности сцепления, а также совместного деформирования сварной оболочечной арматуры из конструкционных сталей и бетонов, использованных в качестве заполнителей. Установлено, что допустимая температура гарантированной неразрывности сцепления  $T_d$  лежит в диапазоне от 185 до 295 °С в зависимости от сочетания марок стали и бетона. Исключение нагрева при сварке заполнителя выше допустимых температур обеспечивается подбором режимов сварки, применением защитных элементов, перераспределяющих тепло в зоне термического влияния. Эти элементы выполняются из листового проката (рис. 2). Геометрические параметры (размеры) защитных элементов определяются для каждой конкретной конструкции монтажного стыка исходя из материала сварной арматуры, допустимой температуры неразрывности сцепления  $T_d$ , расположения сварного шва в монтаж-

ном стыке, способа и режимов сварки. Материал защитных элементов для упрощения приварки накладок принима-

ется такой же, как и для формообразующих листов.

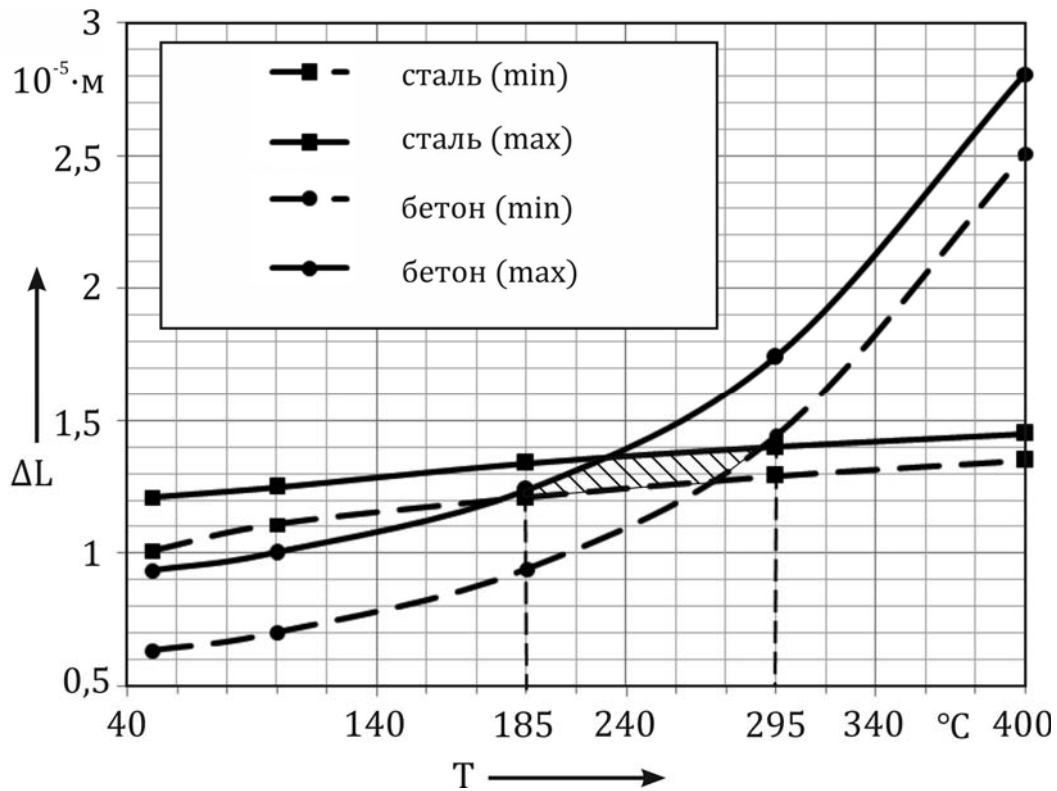


Рис. 1. Диаграмма термдеформационной совместимости стали и бетона

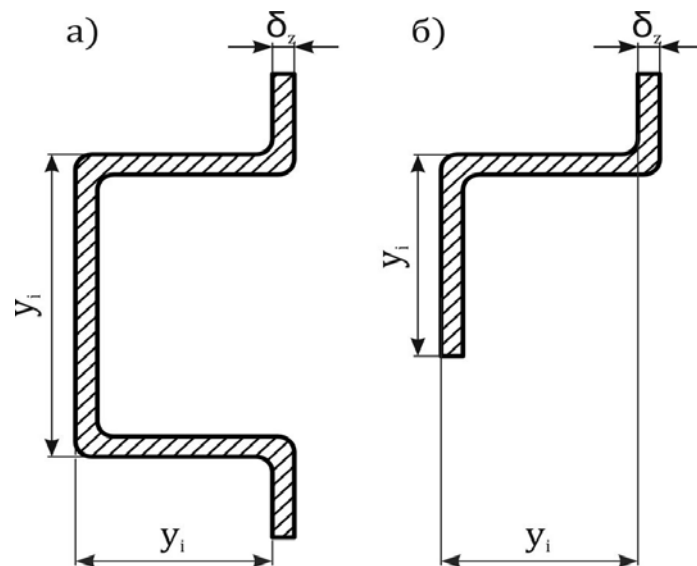


Рис. 2. Поперечные сечения защитных элементов

При расчете геометрических параметров защитных элементов разработанные сварные монтажные стыки для

объектов из КНЭСК могут быть заменены одним из трех расчетных случаев монтажных стыков (рис. 3).

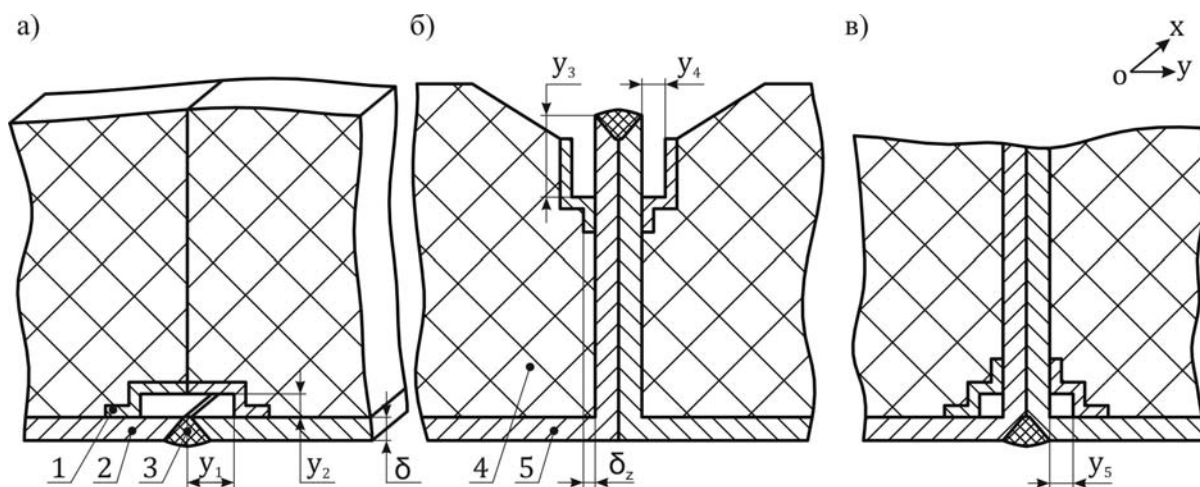


Рис. 3. Расчетные случаи сварных монтажных стыков: 1 – защитный элемент; 2 – формообразующий лист; 3 – сварное соединение монтажного стыка; 4 – заполнитель; 5 – формообразующий лист с отбортовкой

Теория сварочных процессов позволяет записать уравнение, по которому определяется ширина зоны нагрева без учета теплообмена с окружающей средой, и уравнение, описывающее предельное состояние процесса распространения теплоты при нагреве пластины мощным быстро движущимся линейным источником тепла [9]. Аппроксимацией по методу наименьших квадратов данных, полученных по этим уравнениям, выведено параметрическое уравнение для определения геометрических параметров защитных элементов с учетом теплоотдачи с поверхностей пластины, режимов сварки, конструкции монтажного стыка, толщины свариваемых листов и допустимой температуры:

$$y_i = \frac{q \cdot \sqrt{2/(\pi \cdot e)}}{2 \cdot c_p \cdot v \cdot \delta \cdot \Delta T} \times \left[ \left[ \left( (A_i + B_i \cdot \Delta T) \times \left( \ln(1 + v \cdot 10) \right)^{C_i + D_i \cdot \Delta T} - 1 \right) \times \ln(q) + \frac{1}{E_i \cdot F_i \cdot \Delta T \cdot e^{\ln(1 + v \cdot 10) \cdot (G_i + H_i \cdot \Delta T)}} \right] - 1 \right],$$

где  $A_i, B_i, C_i, D_i, E_i, F_i, G_i, H_i$  – параметры, величина которых зависит от толщины формообразующих листов  $\delta$ , номера расчетного случая  $i$ ;  $c_p$  – коэффициент объемной теплоемкости. Принят неизменным и для конструкционных сталей равен  $4,9 \text{ Дж}/(\text{см}^3 \cdot \text{К})$ ;  $\delta$  – толщина свариваемых листов, см;  $v$  – скорость перемещения источника тепла, см/с;  $q$  – мощность источника тепла, Вт;  $\Delta T$  – приращение температуры, К.

Значения параметров уравнения представлены в табл. 1.

При этом были приняты следующие утверждения и граничные условия, обуславливающие применимость полученных зависимостей:

- влияние заполнителя на распределение температуры не учтено, рассматриваемая область заведомо ограничена защитным элементом и не контактирует с заполнителем;

- геометрические параметры защитных элементов определяются таким образом, чтобы величина температуры в области прилегания защитного элемента была равна допустимой температуре  $T_d$ ;

- толщина защитных элементов



не влияет на выполнение условия неразрывности сцепления металлической арматуры и заполнителя;

– величина допустимой температуры в выведенных зависимостях ограничена диапазоном от 85 до 435 °С;

– толщина свариваемых листов  $\delta$  принята от 0,4 до 1,0 см. В мостостроении применяют листы толщиной от 0,6 см, минимальная толщина листов, используемых в резервуаростроении, составляет 0,4 см;

– минимальная толщина защитного элемента  $\delta_z$  составляет 0,2 см;

– скорость сварки  $v$  листов встык толщиной от 0,4 до 1 см ручной дуговой и механизированной сваркой в среде защитных газов лежит в пределах от 7 до 25 м/ч (0,2...0,7 см/с). Выведенные зависимости справедливы в диапазоне от 0,2 до 0,7 см/с [9];

– мощность источника тепла  $q$  лежит в пределах от 2 до 12 кВт;

– значение коэффициента температуропроводности  $a$  для конструкционных сталей лежит в пределах от 0,075 до 0,09 см<sup>2</sup>/с. Его величина нами принята неизменной и не зависящей от температуры и равна 0,08 см<sup>2</sup>/с;

– значение коэффициента теплопроводности  $\lambda$  для конструкционных сталей лежит в пределах от 0,38 до 0,42 Вт/(см·К). Его величина принята неизменной и равна 0,4;

– коэффициент  $\alpha$  принят равным  $6 \cdot 10^{-3}$  Вт/(см<sup>2</sup>·К);

– коэффициент объемной теплоемкости  $c_p$  принят неизменным 4,9 Дж/(см<sup>3</sup>·К).

Табл. 1. Значения параметров уравнения

| Параметры                      | Толщина свариваемых листов $\delta$ , см |            |            |             |
|--------------------------------|------------------------------------------|------------|------------|-------------|
|                                | 0,4                                      | 0,6        | 0,8        | 1           |
| 1                              | 2                                        | 3          | 4          | 5           |
| <i>Первый расчетный случай</i> |                                          |            |            |             |
| $A_1$                          | 7,722 E–01                               | 7,717 E–01 | 7,93 E–01  | 8,201 E–01  |
| $B_1$                          | 2,494 E–05                               | 1,228 E–04 | 1,72 E–04  | 1,886 E–04  |
| $C_1$                          | 3,851 E–02                               | 1,607 E–01 | 2,18 E–01  | 2,294 E–01  |
| $D_1$                          | 1,004                                    | 1,001      | 1          | 9,990 E–01  |
| $E_1$                          | 3,072 E–01                               | 2,266 E–01 | 2,02 E–01  | 2,028 E–01  |
| $F_1$                          | 9,992 E–01                               | 9,998 E–01 | 1          | 1,001       |
| $G_1$                          | –5,528 E–02                              | 1,922 E–01 | 3,31 E–01  | 3,861 E–01  |
| $H_1$                          | 6,883 E–04                               | 4,170 E–04 | 9,35 E–05  | –1,468 E–04 |
| <i>Второй расчетный случай</i> |                                          |            |            |             |
| $A_3$                          | 7,200 E–01                               | 7,572 E–01 | 8,155 E–01 | 8,656 E–01  |
| $B_3$                          | 1,423 E–04                               | 2,540 E–04 | 2,489 E–04 | 2,071 E–04  |
| $C_3$                          | 2,220 E–01                               | 2,882 E–01 | 2,518 E–01 | 1,996 E–01  |
| $D_3$                          | 1                                        | 9,989 E–01 | 9,981 E–01 | 9,976 E–01  |
| $E_3$                          | 2,054 E–01                               | 1,787 E–01 | 2,003 E–01 | 2,374 E–01  |
| $F_3$                          | 9,998 E–01                               | 1,001      | 1,001 E+00 | 1,001       |
| $G_3$                          | 2,091 E–01                               | 3,867 E–01 | 3,940 E–01 | 3,469 E–01  |

Окончание табл. 1

| 1                              | 2          | 3           | 4           | 5           |
|--------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| H <sub>3</sub>                 | 4,070 E-04 | -1,129 E-04 | -3,669 E-04 | -4,503 E-04 |
| <i>Третий расчетный случай</i> |            |             |             |             |
| A <sub>5</sub>                 | 8,873 E-01 | 9,073 E-01  | 9,292 E-01  | 9,545 E-01  |
| B <sub>5</sub>                 | 6,850 E-05 | 9,316 E-05  | 8,737 E-05  | 2,407 E-05  |
| C <sub>5</sub>                 | 7,881 E-02 | 1,055 E-01  | 1,025 E-01  | 1,278 E-01  |
| D <sub>5</sub>                 | 1,001      | 9,993 E-01  | 9,983 E-01  | 9,951 E-01  |
| E <sub>5</sub>                 | 3,632 E-01 | 3,433 E-01  | 3,666 E-01  | 4,0680 E-01 |
| F <sub>5</sub>                 | 1          | 1,001       | 1,0007      | 1,001       |
| G <sub>5</sub>                 | 1,719 E-01 | 2,804 E-01  | 2,920 E-01  | 2,962 E-01  |
| H <sub>5</sub>                 | 2,479 E-04 | -9,489 E-05 | -3,188 E-04 | -6,699 E-04 |

Величины геометрических параметров  $y_2$  и  $y_4$  не зависят от допустимой температуры ввиду низкой теплопроводности воздушной прослойки в данных условиях, свободного перемещения воздуха при нагреве и быстротечности процессов нагрева и охлаждения при сварке. Для доказательства этого утверждения проведен расчет температуры поверхности защитного элемента при наиболее неблагоприятных и недостижимых условиях: воздушная среда, окружающая защитный элемент, равномерно нагрета до температуры плавления металла ( $T_{пл} = 1530^\circ\text{C}$ ); время нахождения защитного элемента в нагретой среде максимально исходя из максимума длины сварочной ванны и минимума скорости сварки. По зависимостям для расчета нестационарного теплообмена через воздушную прослойку по числам подобия Фурье и Био [10] рассчитаны значения параметров  $y_2$  и  $y_4$ . Они равны 1,24 и 1,46 см соответственно.

Была проведена численная проверка методом конечных элементов обеспечения температурного условия неразрывности сцепления металлической оболочечной арматуры и заполнителя при выполнении сварных соединений монтажного стыка с применением за-

щитных элементов предложенной конструкции. Геометрические параметры защитных элементов определены по выведенному параметрическому уравнению. Эскизы параметрических моделей исследованных монтажных стыков для трех расчетных случаев представлены на рис. 4.

В табл. 2 приведены значения режимов сварки I, U, v, площадь поперечных сечений сварных соединений  $F_{ш}$ , длина сварочной ванны L, объемный тепловой поток  $q_v$ , геометрические параметры защитных элементов  $y_1, y_3, y_5$ , определенные исходя из  $T_{пл} = 185^\circ\text{C}$  для трех расчетных случаев и толщины формообразующих листов от 4 до 10 мм. Линейный размер конечных элементов принят меньше длины сварочной ванны и равен 3,34 мм.

По результатам реализации математических моделей получены распределения во времени тепловых полей в монтажном стыке. Для оценки точности выведенных зависимостей для определения геометрических параметров защитных элементов построены графики изменения во времени температуры в контрольных точках 1, 2, 3. Графики представлены на рис. 5...7.

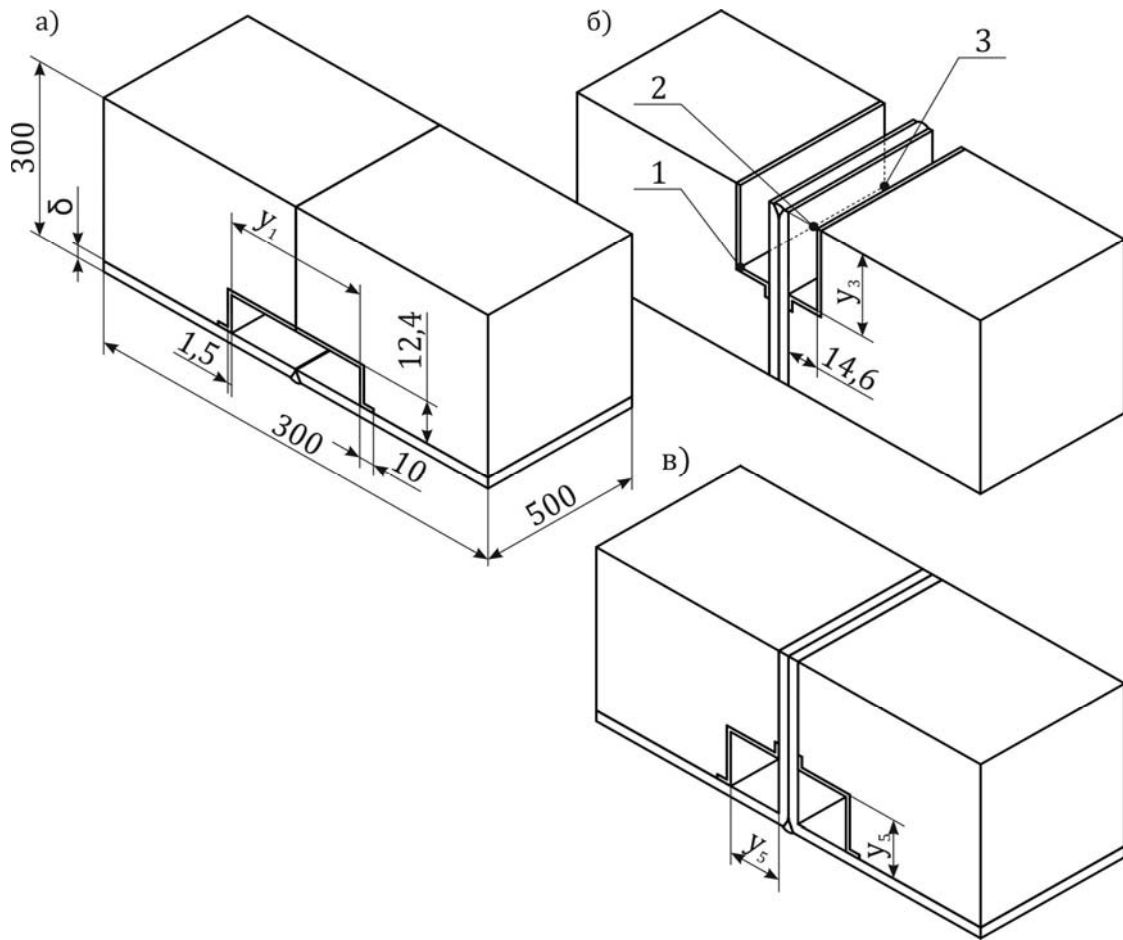


Рис. 4. Эскизы геометрических моделей монтажного стыка: а – первый расчетный случай; б – второй расчетный случай; в – третий расчетный случай; 1, 2, 3 – контрольные точки

Табл. 2. Значения основных параметров

| $\delta$ , мм | I, А | U, В | $F_{ш}$ , $10^{-5} \cdot \text{м}^2$ | $v$ , $10^{-3} \cdot \text{м/с}$ | L, мм | $q_v$ , $10^{10} \cdot \text{Вт/м}^3$ | $y_1$ , мм | $y_3$ , мм | $y_5$ , мм |
|---------------|------|------|--------------------------------------|----------------------------------|-------|---------------------------------------|------------|------------|------------|
| 4             | 143  | 25   | 1,54                                 | 4,6                              | 7,4   | 5,4                                   | 30,97      | 34,62      | 19         |
| 6             | 238  | 27   | 3,20                                 | 3,7                              | 13,9  | 4,9                                   | 45         | 50,49      | 27,2       |
| 8             | 333  | 30   | 4,50                                 | 3,7                              | 21,4  | 5,4                                   | 52,91      | 58,68      | 32         |
| 10            | 429  | 33   | 6,30                                 | 3,4                              | 30,3  | 5,5                                   | 63,92      | 72,22      | 43,2       |

Согласно расчетным данным установлено, что поверхности формообразующих листов, контактирующие с бетонным заполнителем, нагреваются до температуры не более  $180^\circ\text{C}$  при сварке монтажных стыков быстровозводимых конструкций из КНЭСК с предложенными защитными элементами. Максимальное расхождение с допустимой температурой в  $180^\circ\text{C}$  составляет 9,4 %

и приходится на третий расчетный случай при  $\delta = 4$  мм. Расхождение значений температуры, полученных методом конечных элементов и по параметрическим уравнениям, выведенным на основе эмпирических формул теории сварочных процессов, объясняется тем, что параметрические уравнения не учитывают теплоотвод в бетонный заполнитель. Во всех расчетных случаях темпе-

ратура в контрольных точках не превышает допустимые величины, что подтверждает справедливость допущений,

принятых для вывода параметрического уравнения.

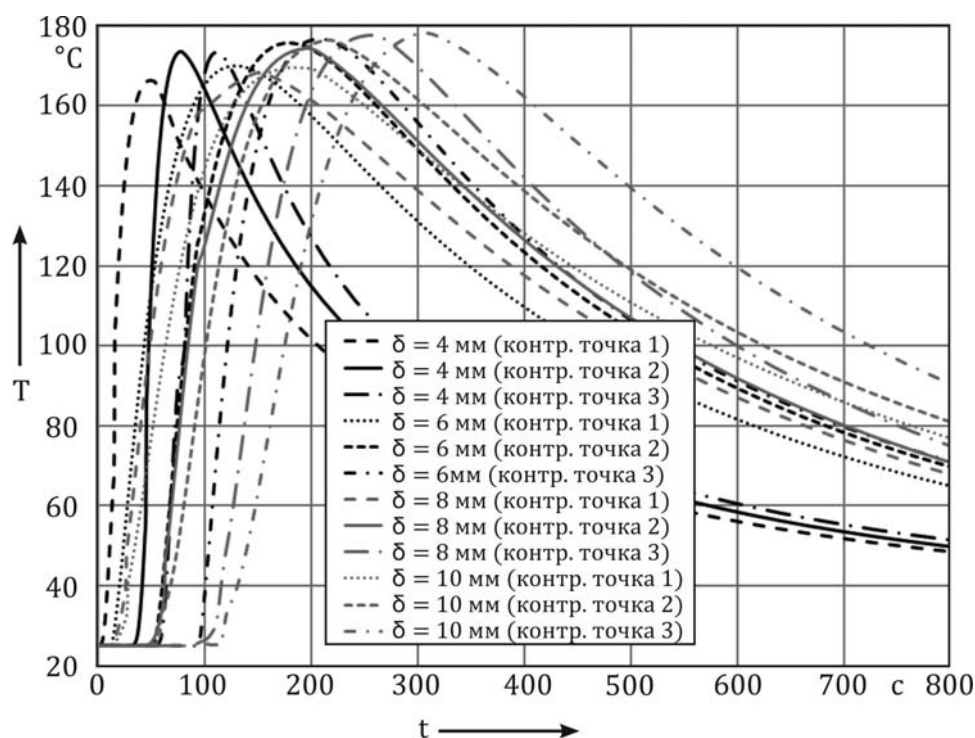


Рис. 5. Изменение температуры в первом расчетном случае

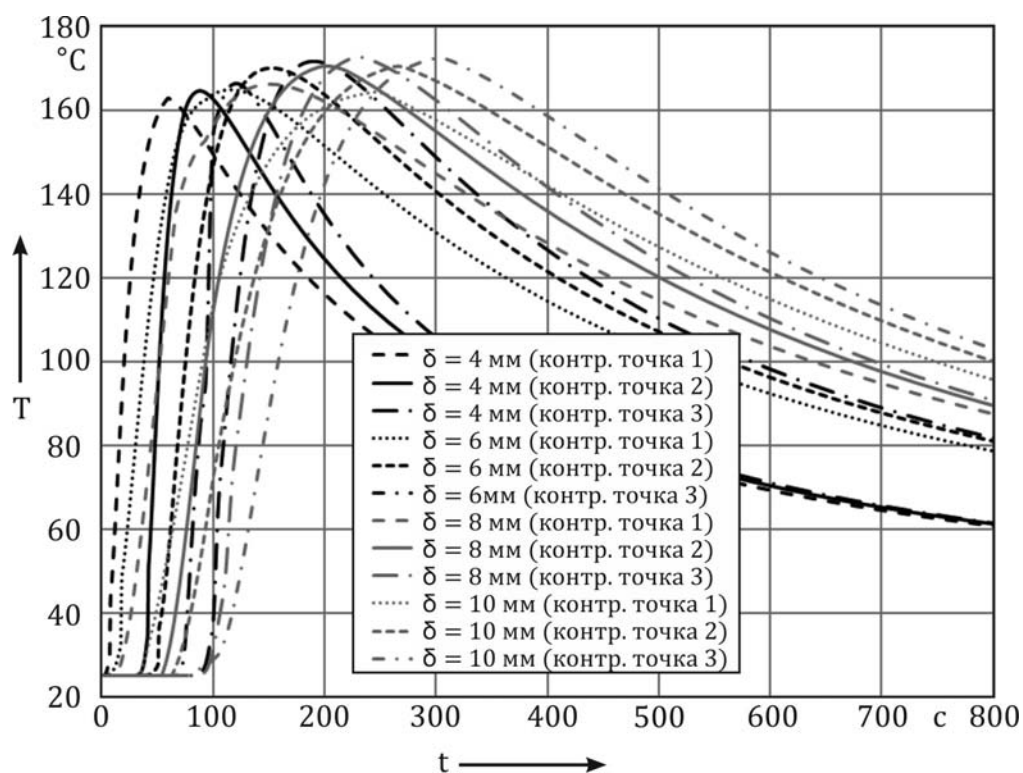


Рис. 6. Изменение температуры во втором расчетном случае

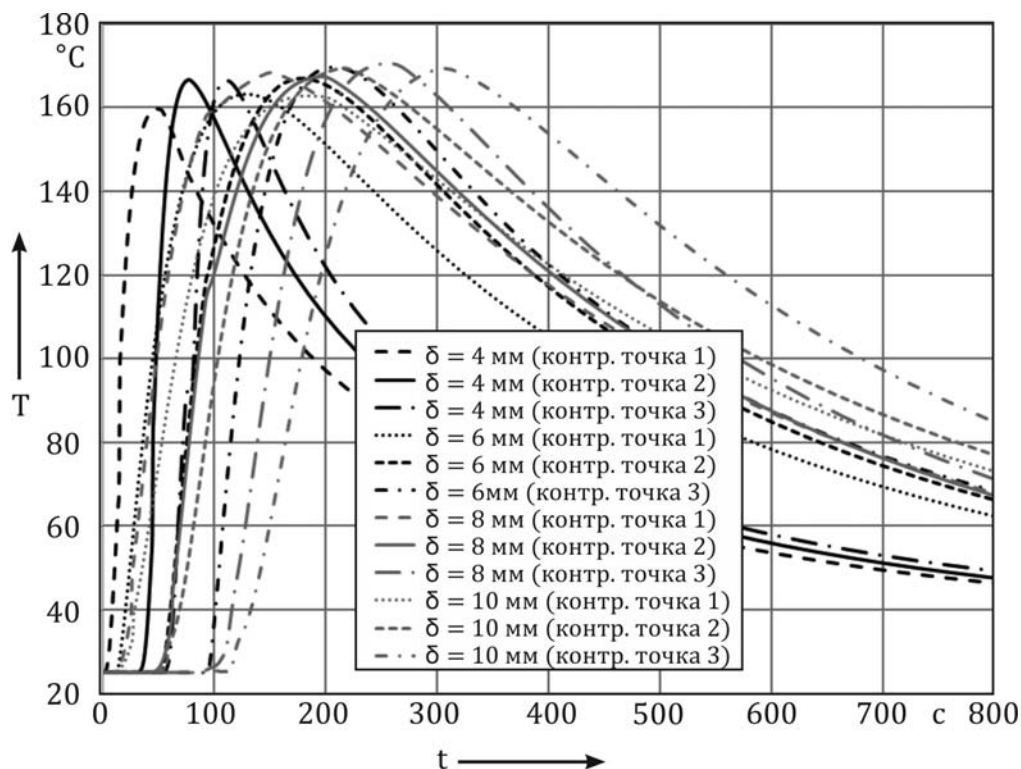


Рис. 7. Изменение температуры в третьем расчетном случае

### Заключение

1. Определен диапазон допустимых температур неразрывности сцепления сварной оболочечной арматуры из конструкционных сталей и твердеющего заполнителя из легких и тяжелых бетонов в зависимости от сочетания марок стали и бетона. Верхнее значение диапазона температуры, согласно построенной диаграмме термдеформационной совместимости конструкционных сталей, легких и тяжелых бетонов в зависимости от температуры, лежит в пределах от 185 до 295 °С. В этом диапазоне температур металл и бетон имеют близкие значения коэффициентов температурного линейного расширения, что исключает возможность возникновения при нагреве на границах раздела сред напряжений, превышающих силы сцепления бетона и металла.

2. Предложены защитные элементы, исключающие нагрев поверхностей металлической оболочечной арматуры,

контактирующих с заполнителем, выше допустимой температуры при сварке на монтаже и, следовательно, обеспечивающие неразрывность их сцепления. Выведено параметрическое уравнение для определения геометрических параметров защитных элементов при различных режимах сварки, геометрических параметрах монтажного стыка с учетом поверхностного теплообмена. Определены минимально допустимые и достаточные для исключения нагрева выше допустимой температуры величины геометрических параметров  $y_2$  и  $y_4$ , значение которых мало зависит от режимов сварки и может быть принято постоянным для всех монтажных стыков. Они равны 12,4 и 14,6 мм соответственно.

3. Проведенное численное исследование тепловых полей при выполнении сварных соединений монтажных стыков быстровозводимых конструкций из композитных несущих элементов свидетельствует о справедливости при-

нятых допущений и утверждений при выведении параметрических уравнений для определения геометрических параметров защитных элементов. Максимальная погрешность между расчетной и допустимой температурами составляет 10,5 %. Это подтвердило практическую применимость выведенного пара-

метрического уравнения для определения геометрических параметров защитных элементов, исключающих деструкцию заполнителя при термическом цикле сварки на монтаже для проектирования быстровозводимых конструкций из КНЭСК.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Фридкин, В. М.** Принципы формообразования в теории линейно-протяженных сооружений / В. М. Фридкин. – М. : Ладья, 2006. – 512 с.
2. **Кузменко, И. М.** Применение сварных несущих элементов в новых композитных строительных конструкциях / И. М. Кузменко, С. К. Павлюк, В. М. Фридкин // Сварочное производство. – 2003. – № 9. – С. 16–19.
3. **Пат. 4082 РБ, МПК 7 Е 04 С 2/28.** Композитный несущий элемент строительных конструкций / В. М. Фридкин [и др.] ; заявитель и патентообладатель Могилев. машиностр. ин-т. – № 970421 ; заявл. 29.07.97 ; опубл. 19.04.01, Бюл. № 3. – 3 с. : ил.
4. **Пат. 15480 РБ, МПК В 23 К 1/00.** Сварное стыковое соединение строительных блоков / С. В. Богданов, С. К. Павлюк, И. М. Кузменко ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а 20090951 ; заявл. 26.06.09 ; опубл. 28.02.12, Бюл. № 1. – 4 с. : ил.
5. Разработка эффективных конструкций типовых монтажных стыков и их сварных соединений для быстровозводимых сооружений из композитных несущих элементов строительных конструкций (КНЭСК) : отчет о НИР / Белорус.-Рос. ун-т ; рук. И. М. Кузменко. – Могилев, 2011. – 74 с. – № ГР 20111007.
6. **Пецольт, Т. М.** Железобетонные конструкции. Основы теории, расчета и конструирования / Т. М. Пецольт, В. В. Тур. – Брест : БГТУ, 2003. – 379 с. : ил.
7. **Сорокин, В. Г.** Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин ; под ред. В. Г. Сорокина. – М. : Машиностроение, 1989. – 640 с. : ил.
8. **Кричевский, А. П.** Расчет железобетонных инженерных сооружений на температурное воздействие / А. П. Кричевский. – М. : Стройиздат, 1984. – 148 с.
9. **Волченко, В. Н.** Теория сварочных процессов : учебник для вузов / В. Н. Волченко, В. М. Ямпольский, В. А. Винокуров ; под ред. В. В. Фролова. – М. : Высш. шк., 1988. – 559 с. : ил.
10. **Михеев, М. А.** Основы теплопередачи / М. А. Михеев, И. М. Михеева. – М. : Энергия, 1977. – 344 с. : ил.
11. Методика моделирования напряженно-деформированного состояния металлоконструкции с учетом остаточных сварочных напряжений / И. М. Кузменко [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2007. – № 4. – С. 47–54.

*Статья сдана в редакцию 17 сентября 2013 года*

**Сергей Викторович Богданов**, инженер, Белорусско-Российский университет.

**Игорь Михайлович Кузменко**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.

**Sergey Viktorovich Bogdanov**, Engineering, Belarusian-Russian University.

**Igor Mikhailovich Kuzmenko**, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.

УДК 629.75

*А. П. Минаков, И. Д. Камчицкая, Е. В. Ильюшина, Н. М. Юшкевич*

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПНЕВМОВИБРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НАПРАВЛЯЮЩИХ СТАНИН СТАНКОВ

UDC 629. 75

*A. P. Minakov, I. D. Kamchitskaya, E. V. Ilyushina, N. M. Yushkevich*

## TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF PNEUMO-VIBRO-DYNAMIC TREATMENT OF MACHINE BED WAYS

### Аннотация

В работе приведен расчет технико-экономической эффективности использования способа пневмовибродинамической обработки направляющих станин станков для их ремонта.

### Ключевые слова:

упрочнение поверхности, импульсно-ударная пневмовибродинамическая обработка плоских поверхностей, подача, экономический эффект, износ направляющих, технология ремонта.

### Abstract

The paper gives the calculation of technical and economic efficiency of using the technique of pneumo-vibro-dynamic treatment in the repair of machine bed ways.

### Key words:

surface hardening, impulse-impact pneumo-vibro-dynamic treatment of flat surfaces, feed, economic effect, wear of machine bed ways, repair procedure.

Станина является базовой деталью станка, на которой установлены и закреплены все его детали и узлы и относительно которой ориентируются и перемещаются подвижные детали и механизмы. Она должна на протяжении длительного времени обеспечивать правильное взаимное положение и перемещение частей станка. Важнейшим требованием, предъявляемым к направляющим станины, является длительное обеспечение правильного взаимного положения узлов и механизмов, смонтированных на ней, при всех предусмотренных режимах работы станка в нормальных эксплуатационных условиях.

Износ направляющих станины ведет к потере технологической точнос-

ти, снижению качества обработки изделий и изменению первоначальной пространственной траектории движения реза. При непрямолинейном перемещении режущего инструмента в горизонтальной плоскости погрешность формы непосредственно передается на обрабатываемую заготовку (рис. 1).

Было установлено [4], что для направляющих скольжения характерно неравномерное распределение износа по поверхности трения, т. к. они начинают контактировать одновременно не по всей длине (рис. 2). Максимальный износ приходится на середину направляющих. В результате неравномерный по длине направляющих износ поверхности приводит к изменению точности

обработки. Так, если длина хода  $L$  устанавливается больше длины направляющих суппорта  $l_0$ , то форму изношенной поверхности можно представить в виде эпюры с тремя участками, где I и III – участки, изнашивающиеся

частью длины суппорта, II – участок, изнашивающийся всей длиной суппорта. При этом интенсивность износа участков I и III – 0,01...0,012 мм, а участка II – 0,04...0,12 мм [4].

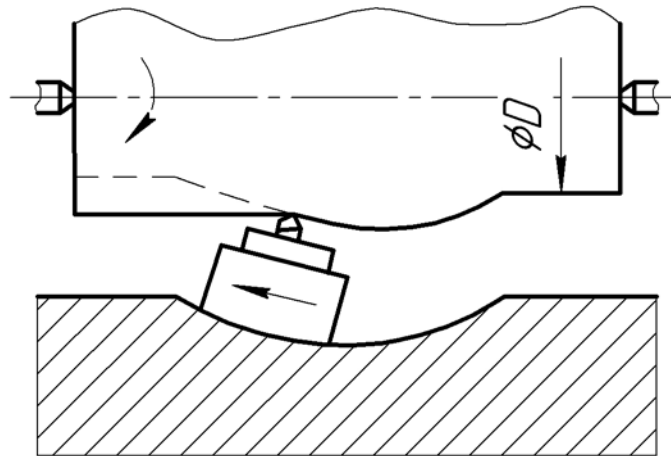


Рис. 1. Схема износа направляющих станин токарных станков

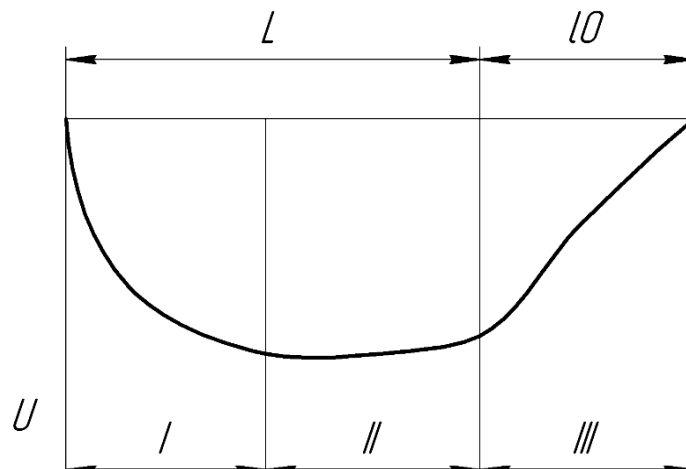


Рис. 2. Обобщенная форма износа направляющих скольжения по их рабочей длине для станков токарной группы

Факт износа направляющих только в зоне обработки был подтвержден и результатами, полученными после проведенного капитального ремонта с использованием пневмовибродинамической обработки (ПВДО) на РУП заводе

«Могилевлифтмаш». Данные испытаний приведены в табл. 1.

Расчетную схему для определения износа направляющих скольжения можно представить в следующем виде (рис. 3).



Табл. 1. Результаты обследования станков после капитального ремонта с ПВДО

|                                         |                                |           |                          |           |                          |          |
|-----------------------------------------|--------------------------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------------------|----------|
| Модель станка                           | 16А20Ф3                        |           | 16К20Ф3                  |           | 16А20Ф3                  |          |
| Дата проведения ремонта                 | Июль 2004                      |           | Май 2005                 |           | Май 2005                 |          |
| Характер обрабатываемых деталей         | Чугун-сталь<br>2-сменный режим |           | Сталь<br>2-сменный режим |           | Сталь<br>2-сменный режим |          |
|                                         | Дата обследования              |           |                          |           |                          |          |
|                                         | 15.09.05.                      | 20.03.06. | 15.09.05.                | 20.03.06. | 15.09.05                 | 20.03.06 |
| Износ направляющих в рабочей зоне, мм   |                                |           |                          |           |                          |          |
| Плоская направляющая                    | 0,01                           | 0,02      | 0,00                     | 0,00      | 0,00                     | 0,00     |
| Призматическая < 45°                    | 0,03                           | 0,03      | 0,00                     | 0,02      | 0,00                     | 0,00     |
| Призматическая < 35°                    | 0,01                           | 0,02      | 0,00                     | 0,00      | 0,00                     | 0,00     |
| Износ направляющих в нерабочей зоне, мм |                                |           |                          |           |                          |          |
| Плоская направляющая                    | 0,00                           | 0,00      | 0,00                     | 0,00      | 0,00                     | 0,00     |
| Призматическая < 45°                    | 0,00                           | 0,01      | 0,00                     | 0,00      | 0,00                     | 0,00     |
| Призматическая < 35°                    | 0,00                           | 0,00      | 0,00                     | 0,00      | 0,00                     | 0,00     |

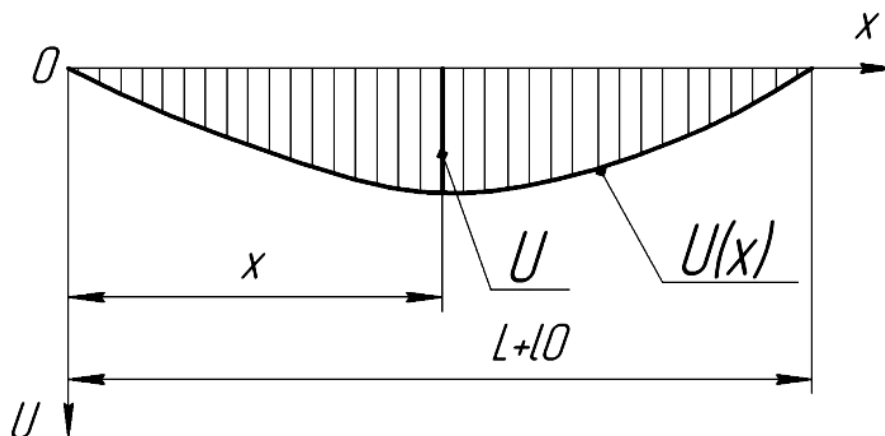


Рис. 3. Схема для определения износа направляющих скольжения

Линейный износ  $U$  и скорость изнашивания материалов  $\gamma$  для данной схемы определяются из уравнений [2]:

$$U = k \cdot p^m \cdot v \cdot t, \quad (1)$$

$$\gamma = U/t = k \cdot p^m \cdot v, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент износа;  $p$  – давление на поверхность трения, Па;  $v$  – скорость относительного скольжения, м/с;  $t$  – время работы сопряжения;  $m$  – коэффициент,  $m = 1$  для абразивного и усталостного видов изнашивания.

При расчетах были приняты следующие обозначения:  $U(x)$  – искомая величина линейного износа направ-

ляющих станины на длине  $x$  при  $0 \leq x \leq (L + l_0)$ ;  $L$  – максимальный ход стола;  $l_0$  – длина направляющих стола.

Общей формулой для различных случаев износа является [2]

$$U(x) = ks \int_{l_1}^{l_2} \varphi(x-l) f(l) dl. \quad (3)$$

Пределы интегрирования определяются в зависимости от того, какой участок эпюры давлений воздействует на заданную точку станины с координатой  $x$ .

В формуле (3) учтено влияние основных факторов на форму изношенной поверхности направляющих:  $k$  отражает

износостойкость материалов и условие изнашивания,  $s$  – интенсивность изнашивания станка во времени, т. к.  $s = v \cdot t$ ,  $f(l)$  – конструкцию суппорта, расположение сил и величину их действия;  $\varphi(x)$  характеризует технологические процессы, осуществляемые на станке. Следовательно, при рассмотрении каждого конкретного случая можно подобрать наиболее эффективные пути для уменьшения износа поверхности.

На основании вышеизложенного можно сделать заключение, что нет необходимости при ремонте направляющих станин обрабатывать всю длину направляющей.

Выполним расчет технико-экономической эффективности способа обработки направляющих станин станков, который состоит из механической обработки и последующей упрочняю-

щей ПВДО, проводимой на участке, длина которого определяется началом и концом износа направляющих перед восстановлением их геометрической точности.

Проведем сравнительный анализ трех технологий обработки направляющих станин станков:

- шлифование с последующим шабрением (традиционная технология) [5];
- лезвийная обработка (фрезерование эльборов фрезой) с последующей ПВДО [1];
- лезвийная обработка (фрезерование эльборов фрезой) с дальнейшей ПВДО на участке с наибольшим износом.

Данные о трудоемкости обработки направляющих станин токарно-винторезного станка мод. 16К20 приведены в табл. 2...4 [1].

Табл. 2. Трудоемкость обработки направляющих станин токарно-винторезного станка мод. 16К20 по традиционной технологии

| Содержание приемов            | Трудоемкость, ч |
|-------------------------------|-----------------|
| 1 Установка и выверка станины | 2,5             |
| 2 Наладка инструмента         | 0,5             |
| 3 Шлифование                  | 24              |
| 4 Подшабривание направляющих  | 9               |
| Итого:                        | 36              |

Табл. 3. Трудоемкость обработки направляющих станин токарно-винторезного станка мод. 16К20 по технологии: лезвийная обработка (фрезерование эльборов фрезой) и ПВДО

| Содержание приемов                                         | Трудоемкость, ч |
|------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 Установка и выверка станины                              | 2,5             |
| 2 Установка и наладка фрезерной головки                    | 1               |
| 3 Фрезерование направляющих                                | 7               |
| 4 Снятие фрезерной головки и установка устройства для ПВДО | 1,5             |
| 5 ПВДО направляющих                                        | 1               |
| Итого:                                                     | 13              |

Табл. 4. Трудоемкость обработки направляющих станин токарно-винторезного станка мод. 16К20 по третьей технологии: лезвийная обработка (фрезерование эльборовый фрезой) и ПВДО на участке с наибольшим износом

| Содержание приемов                                         | Трудоемкость, ч |
|------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 Установка и выверка станины                              | 2,5             |
| 2 Установка и наладка фрезерной головки                    | 1               |
| 3 Фрезерование направляющих                                | 7               |
| 4 Снятие фрезерной головки и установка устройства для ПВДО | 1,5             |
| 5 ПВДО направляющих                                        | 0,4             |
| Итого:                                                     | 12,4            |

Суммарная трудоемкость лезвийной обработки (фрезерование эльборовый фрезой) и ПВДО станка мод. 16К20 составляла 8 ч. Однако с учетом того, что по новому способу ПВДО производится не по всей длине направляющей, а только на участке, подвергаемом наибольшему износу, суммарная трудоемкость обработки уменьшится ориентировочно до 7,4 ч.

Предельно допустимый износ направляющих токарных станков (для участка с наибольшим износом) в зависимости от предельного отклонения диаметрального размера обтачиваемой поверхности  $\Delta d$ , мкм, и длины обтачивания  $L$ , мм, определяется по формуле [3]

$$U_{\max} = 320 \cdot \frac{\Delta d}{L} = 320 \cdot \frac{160}{300} = 170 \text{ мкм. (4)}$$

Значение  $\Delta d$  учитывает износ направляющих и не учитывает влияние на точность обработки, жесткости узлов, износа инструмента. По формуле видно, что допустимый износ направляющих непосредственно связан с требуемой точностью обработки и размерами обрабатываемой детали. При больших допусках на диаметр и коротких изделиях допустимый износ может быть весьма значительным. Но с точки зрения виброустойчивости суппорта не рекомендуется допускать значения износа более 0,2 мм [3].

Ранее совместно с ИМИНМАШ НАН РБ были проведены исследования на износ на нетермообработанных

чугунных (СЧ 20 ГОСТ 1412-85 с твердостью НВ 170...229) направляющих станин токарно-винторезных станков мод. 16А20. На станках производилась черновая обработка деталей из чугуна при полной загрузке в две смены. За год эксплуатации выработка станины в местах перемещения каретки составила:

– для направляющих, ремонт которых производился по технологии с использованием операции ПВДО, 0,01...0,03 мм на отрезке в 300 мм;

– для направляющих, ремонт которых производился по заводской технологии (шлифование + шабрение), 0,05...0,07 мм на отрезке в 300 мм.

Учитывая характер протекания износа направляющих и величину предельно допустимого износа для данной модели станка, определим срок службы станка до капитального ремонта. Так, для станков, направляющие которых отремонтированы по традиционной технологии, срок службы составит 2 года и 5 месяцев, а по технологии с применением операции ПВДО – 5 лет и 7 месяцев. Таким образом, при использовании технологии ремонта направляющих с помощью лезвийной обработки (фрезерование эльборовый фрезой) и операции ПВДО возможно повысить срок службы станка минимум в 2,3 раза.

Для оценки способа ремонта направляющих станин станков с применением операции ПВДО на участке с мак-

симальным износом необходимо провести анализ затрат и экономии по следующим направлениям:

1) экономия расходов на ремонт направляющих станин в связи со снижением трудоемкости за счет внедрения нового способа обработки;

2) капитальные затраты, необходимые для внедрения нового способа и на срок его окупаемости.

Было установлено, что на ОАО «Могилевхимволокно» на ремонтно-механическом заводе из 15 капитальных ремонтов токарно-винторезных станков 12 приходится на станки, станины которых утратили закаленный слой. С учетом того, что средняя сметная стоимость капремонта токарно-винторезного станка составляет 23 333 950 р., затраты  $Z_1$  на капремонт в год составят:

$$Z_1 = 12 \cdot 23\,333\,950 = 280\,007\,400 \text{ р.}$$

Так как технология ремонта направляющих, состоящая из лезвийной обработки с последующей ПВДО, позволяет повысить срок службы станка минимум в 2,3 раза, то и количество капремонтов в

год, а следовательно, и затраты на них уменьшатся в 2,3 раза.

Затраты  $Z_2$  на капремонт в год по новому способу

$$Z_2 = \frac{Z_1}{2,3} = \frac{280007400}{2,3} = 121\,742\,348 \text{ р.}$$

Экономия расходов на ремонт в год за счет внедрения нового способа

$$\begin{aligned} \Theta &= Z_1 - Z_2 = 280\,007\,400 - 121\,742\,348 = \\ &= 158\,265\,052 \text{ р.} \end{aligned}$$

Срок окупаемости капитальных затрат, необходимых для внедрения новой технологии, определяется по формуле

$$T = \frac{K}{\Theta}, \quad (5)$$

где  $K$  – капитальные затраты на внедрение новой технологии ремонта (итог табл. 5).

$$T = \frac{92585000}{158265052} = 0,585 \text{ года}$$

или 7 месяцев.

Табл. 5. Капитальные затраты при обработке по новому способу

| Наименование капитальных затрат                                                                                                                    | Сумма, р.  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Изготовление накатника, корпуса однозубой фрезы и поворотного устройства к резцедержателю станка при обработке призматических направляющих станины | 17 585 000 |
| Стоимость научно-технической продукции                                                                                                             | 75 000 000 |
| Итого                                                                                                                                              | 92 585 000 |

Приведенные расчеты позволяют оценить экономическую эффективность этого способа за счет снижения трудоемкости ремонта. Однако необходимо учитывать и косвенный эффект, т. к. снижается простой оборудования из-за ремонта, что позволяет предприятию выпустить дополнительный объем промышленной продукции, т. е. повысить производительность труда при том же составе рабочих и парка оборудования в ремонтном производстве. Дополнительный выпуск

продукции приведет к увеличению прибыли, а следовательно, и к повышению рентабельности предприятия.

Одним из важных вопросов также является экономия расходов на электроэнергию, затрачиваемую на ремонт направляющих станин. С учетом того, что мощность электродвигателя подачи стола продольно-строгального станка составляет 71 кВт, а стоимость 1 кВт·ч 0,17 у. е., экономия расходов на электроэнергию, затрачиваемую на ремонт

одной направляющей по новому способу, составит около 200 у. е.

Стоимость электроэнергии, затрачиваемой на ремонт одной станины с применением шлифования (традиционная технология):

$$(71 \cdot 0,17) \cdot 24 = 289,68 \text{ у. е.}$$

Стоимость электроэнергии, затрачиваемой на ремонт одной станины с применением лезвийной обработки (фрезерование эльборов фрезой) и ИУ ПВДО (вторая технология):

$$(71 \cdot 0,17) \cdot 8 = 96,56 \text{ у. е.}$$

Стоимость электроэнергии, затрачиваемой на ремонт одной станины с применением лезвийной обработки (фрезерование эльборов фрезой) и ПВДО на участке с наибольшим износом:

$$(71 \cdot 0,17) \cdot 7,4 = 89,32 \text{ у. е.}$$

## Выводы

1. Способ ремонта направляющих станин станков, включающий лезвийную обработку (фрезерование эльборов фрезой) с дальнейшей ПВДО на участке, определяемом началом и концом износа, снижает трудоемкость обработки по сравнению с традиционным способом (шлифование с последующим шабрением) в 3 раза.

2. Срок окупаемости капитальных затрат, необходимых для внедрения новой технологии ремонта направляющих станин при ремонте 12 станков в год, составит около 7 месяцев.

3. Ожидаемая экономия расходов на ремонт в год за счет внедрения нового способа составит более 158 млн р.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камчицкая, И. Д. Упрочняющая технология восстановления направляющих станин станков на основе лезвийной и пневмовибродинамической обработки : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08 : защищена 22.12.06 : утв. 28.02.07 / Камчицкая Ирина Дмитриевна. – М., 2006. – 129 с.
2. Проников, А. С. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем : в 3 т. / А. С. Проников. – М. : Машиностроение, 1994.
3. Проников, А. С. Расчет и конструирование металлорежущих станков / А. С. Проников. – М. : Высш. шк., 1968. – 431 с.
4. Симонова, Ю. Э. Повышение эксплуатационных свойств направляющих скольжения напылением слоя переменного химического состава / Ю. Э. Симонова, Ю. С. Ткаченко // Справ. Инженерный журнал. – 2010. – № 8. – С. 39–42.
5. Справочник механика машиностроительного завода : в 2 т. Т. 2. Технология ремонта / Под ред. Ю. С. Борисова. – М. : Машиностроение, 1971. – 566 с.

*Статья сдана в редакцию 29 апреля 2013 года*

**Анатолий Петрович Минаков**, д-р техн. наук, проф., Белорусско-Российский университет. Тел.: 8-0222-24-18-15.

**Ирина Дмитриевна Камчицкая**, канд. техн. наук, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет.

**Елена Валерьевна Ильюшина**, канд. техн. наук, зам. декана, Белорусско-Российский университет.

**Надежда Михайловна Юшкевич**, преподаватель, Белорусско-Российский университет. Тел.: 8-0222-26-48-52.

**Anatoly Petrovich Minakov**, DSc (Engineering), Prof., Belarusian-Russian University. Tel.: 8-0222-24-18-15.

**Irina Dmitriyevna Kamchitskaya**, PhD (Engineering), senior lecturer, Belarusian-Russian University.

**Yelena Valeryevna Ilyushina**, PhD (Engineering), Deputy Dean, Belarusian-Russian University.

**Nadezhda Mikhailovna Yushkevich**, lecturer, Belarusian-Russian University. Tel.: 8-0222-26-48-52.

---

УДК 629.113.073

*Д. В. Мишута, В. Г. Михайлов*

## **ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЯ И ЕГО ПОДВЕСКИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И УПРАВЛЯЕМОСТЬ ШТАБНОЙ МАШИНЫ**

---

UDC 629.113.073

*D. V. Mishuta, V. G. Mikhailov*

## **EFFECT OF DESIGN PARAMETERS OF THE VEHICLE AND ITS SUSPENSION ON STABILITY AND STEER ABILITY OF A COMMAND VEHICLE**

---

### **Аннотация**

Приведены аналитические формулы для расчета устойчивости и управляемости штабной машины, учитывающие конструктивные параметры автомобиля и его подвески. Получены зависимости влияния конструктивных параметров автомобиля и его подвески на устойчивость и управляемость штабной машины.

### **Ключевые слова:**

устойчивость, управляемость штабной машины, подвеска автомобиля.

### **Abstract**

Analytical formulas for calculating stability and steer ability of a command vehicle are given, which take into account design parameters of a vehicle and its suspension. Dependencies of the effect of design parameters of the vehicle and its suspension on the stability and steer ability of a command vehicle have been obtained.

### **Key words:**

stability and steer ability of a command vehicle, vehicle suspension.

---

Устойчивость и управляемость являются важными показателями штабной машины, в качестве шасси которой используются автомобили повышенной проходимости с высоким центром тяжести. Процесс опрокидывания машины при поперечном наклоне вполне можно описать аналитическими уравнениями, если учесть жесткость подвески. Процесс же вхождения в поворот в ряде случаев требует более сложной модели, описываемой дифференциальными уравнениями [1], и более оправдан для легковых автомобилей, имеющих низкое значение собственной частоты подвески, чтобы учесть вынужденные колебания автомобиля при повороте. Штабные машины, создаваемые на базе

шасси повышенной проходимости, имеют более высокую собственную частоту, особенно задней подвески (2,5...3 Гц), и меньшие значения скоростей в повороте, поэтому на них колебательный фактор сказывается меньше.

Рассмотрим следующую схему опрокидывания (рис. 1). Для упрощения учтем только одну заднюю подвеску автомобиля 6×6 с установленным кузовом-контейнером. Особенностью задней подвески шасси 6×6 является наличие четырех односкатных колес в сочетании с балансирной рессорной подвеской и задним стабилизатором поперечной устойчивости. Также учтем фактор разницы колеи колес и установки рессор.

Опрокидывание автомобиля имеет место при  $R_z = 0$  относительно оси O:

$$\sum T_o = R_z \cdot B + G_a \cdot \sin \beta - G_a \cdot \cos \beta \cdot (B/2);$$

$$R_z = \frac{G_a}{B} \left( \frac{B}{2} \cos \beta - h \sin \beta \right) = 0;$$

$$\eta_0 = \operatorname{tg} \beta \Rightarrow \varepsilon = \operatorname{arctg} \eta_0.$$

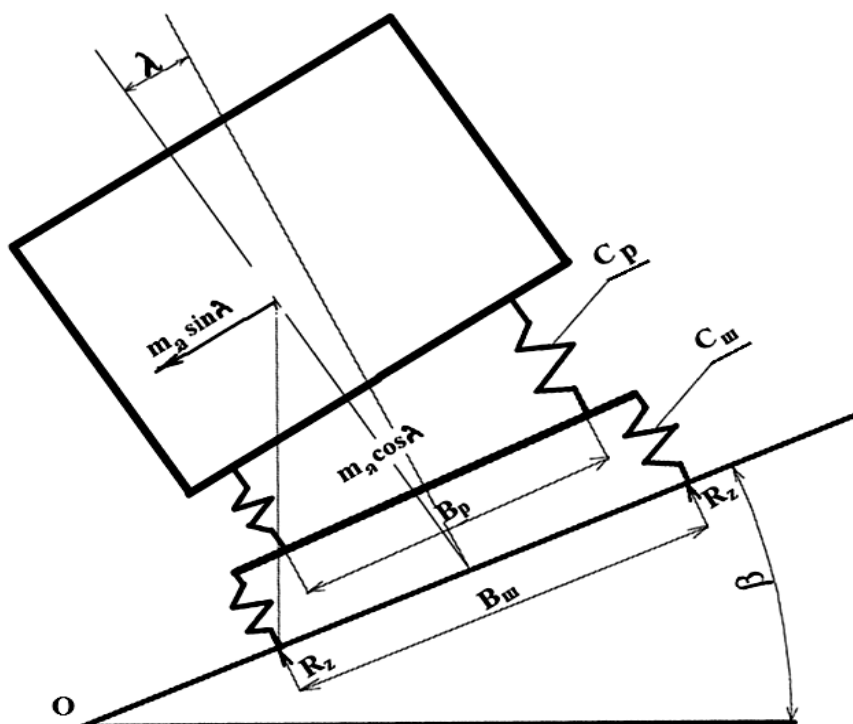


Рис. 1. Схема статической поперечной устойчивости автомобиля

Дополнительно было учтено угловое отклонение массы контейнера на рессорах и шинах из-за их угловой деформации  $\tilde{\lambda}$  при крене (разгрузке одной стороны и нагрузке другой) автомобиля:

$$\eta_0 = \frac{B}{2h} - \frac{G_a h \sin \tilde{\lambda}}{2C_{ш} B_{ш}} - \frac{G_a h \sin \tilde{\lambda}}{C_p B_p}.$$

Эти компоненты были получены из условия равенства моментов сил относительно оси O:

$$G_a h \sin \tilde{\lambda} = \frac{2C_p B_p \sin \tilde{\lambda}}{2B_p} + \frac{2C_{ш} B_{ш} \sin \tilde{\lambda}}{B_{ш}},$$

где  $B$  – средняя колея колес осей;  $B_p$  – длина по площадкам рессор;  $B_{ш}$  – сред-

няя колея шин;  $h$  – высота центра масс автомобиля;  $G_a$  – сила тяжести автомобиля;  $C_p$  – жесткость рессоры;  $C_{ш}$  – жесткость шины;  $\tilde{\lambda}$  – угол крена автомобиля на податливостях шин и рессор.

Условие опрокидывания штабной машины при повороте  $R_z = 0$  прослеживается на рис. 2, б. Приведенная жесткость подвески

$$C_{пр} = \frac{\frac{B_p}{B_{ш}} + (C_p + C_{стаб}) \cdot C_{ш}}{\frac{B_p}{B_{ш}} + (C_p + C_{стаб}) + C_{ш}}.$$

$$\Delta h_g = h_g \cdot (1 - \cos \gamma),$$

где  $\gamma$  – угол крена.





$$\frac{G_a}{B_p} \left( \frac{G_a \cdot V^2 \cdot h_{кр}^2}{2C_{пр} \cdot B_p \cdot g \cdot R} - \frac{G_a \cdot h_{кр}}{2C_{пр} \cdot B_p} \cdot h_{кр} - \frac{V^2 \cdot h_g}{g \cdot R} \right) = 0;$$

$$\frac{G_a \cdot V^2 \cdot h_{кр}^2}{2C_{пр} \cdot B_p \cdot g \cdot R} - \frac{V^2 \cdot h_g}{g \cdot R} = \frac{G_a \cdot h_{кр}^2}{2C_{пр} \cdot B_p};$$

$$V^2 \cdot \left( \frac{G_a \cdot h_{кр}^2}{2C_{пр} \cdot B_p \cdot g \cdot R} - \frac{h_g}{g \cdot R} \right) = \frac{G_a \cdot h_{кр}^2}{2C_{пр} \cdot B_p}.$$

Следовательно,

$$v = \sqrt{\frac{\frac{G_a \cdot h_{кр}^2}{2C_{пр} \cdot B_p}}{\left( \frac{G_a \cdot h_{кр}^2}{2C_{пр} \cdot B_p \cdot g \cdot R} - \frac{h_g}{g \cdot R} \right)}}.$$

Были выполнены расчеты статической устойчивости штабных машин по выведенной формуле и по упрощенной без последнего компонента.

Если не учитывать параметры рессор, шин и реальную длину площадок или только один компонент, получается большое расхождение с экспериментом.

Так, например, если принять  $B = 2,1$  м и рассматривать одномассовую модель, то

$$\eta_0 = \frac{2,1}{2 \cdot 1,515} - \frac{14,87}{2 \cdot 110 \cdot 2,1} = 0,6608.$$

Зная коэффициент поперечной устойчивости  $\eta_0$ , можно найти угол поперечной устойчивости  $\varepsilon$ :

$$\eta_0 = \operatorname{tg} \beta \Rightarrow \varepsilon = \operatorname{arctg} \eta_0 = \operatorname{arctg} 0,6608 \approx 33,45^\circ,$$

что значительно отличается от экспериментальных данных –  $28^\circ$ .

При использовании двухмассовой модели  $\eta_0 = 0,6347$  и  $\varepsilon = 31,6^\circ$ . Полученное значение ближе к экспериментальным данным. Поэтому расчет следует проводить с учетом жесткостей рессор и шин и их реальных опорных размеров.

Сравнение результатов моделирования в ADAMS ( $32,5^\circ$ ), выполненного для массы кузова-контейнера 6,2 т, и аналитического расчета ( $32,47^\circ$ ) показало хорошую сходимость. Это дает основание для использования выведенной формулы.

Результаты расчетного исследования влияния жесткости рессор, расстояния между площадками рессор, высоты центра тяжести на устойчивость штабной машины представлены на рис. 3...5.

Полученные данные свидетельствуют о том, что основными факторами, определяющими статическую устойчивость машины, являются геометрические параметры: масса контейнера, колея колес и высота центра тяжести машины. Влияние жесткости задней подвески существенно сказывается в диапазоне 50...130 кН/см, а в диапазоне 150...250 кН/см оно незначительно – изменение угла поперечной устойчивости составляет всего  $1,0^\circ$ . Зависимости на рис. 3 объясняют, почему влияние стабилизаторов поперечной устойчивости слабо сказывается на параметрах устойчивости штабной машины [1]. Причиной этому служит большая жесткость задней подвески и рамы МАЗ-6317-05 при небольшой массе.

На рис. 6 представлена зависимость влияния суммарной жесткости задней подвески, включая стабилизатор поперечной устойчивости, на максимальную скорость прохождения поворота.

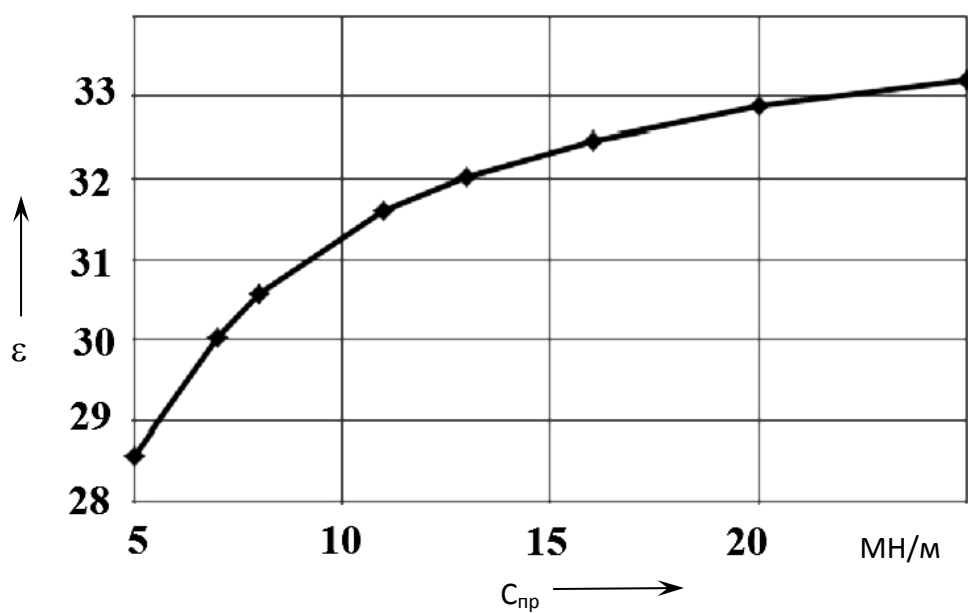


Рис. 3. Влияние жесткости задней рессоры на устойчивость штабной машины

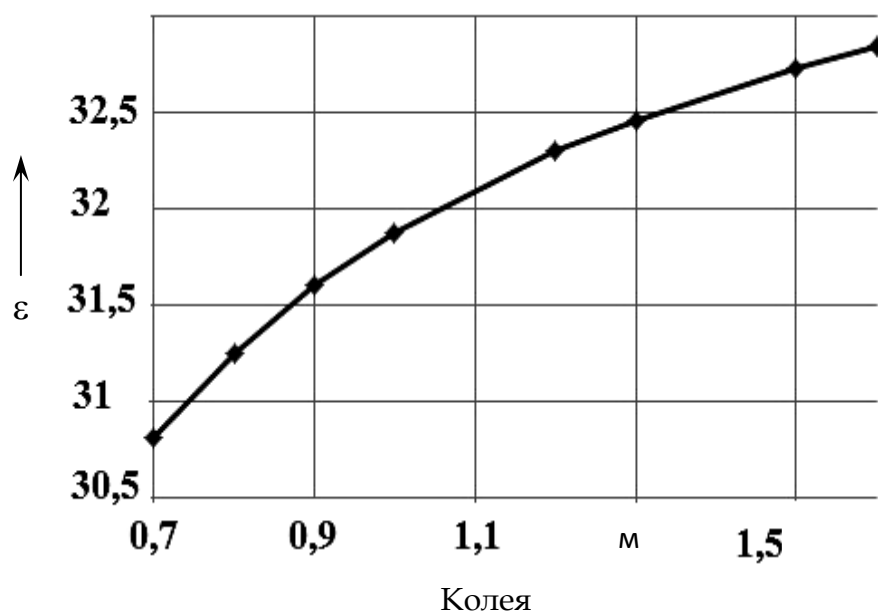


Рис. 4. Влияние расстояния площадок рессор на устойчивость штабной машины

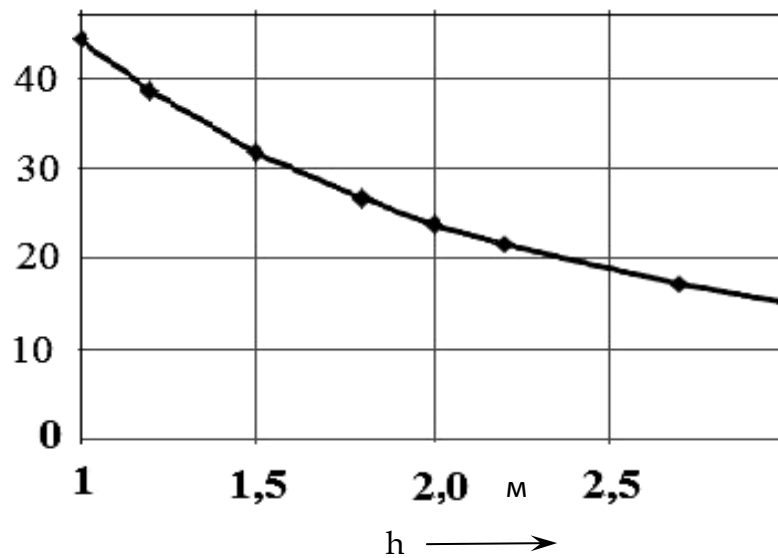


Рис. 5. Влияние высоты центра тяжести на устойчивость штабной машины

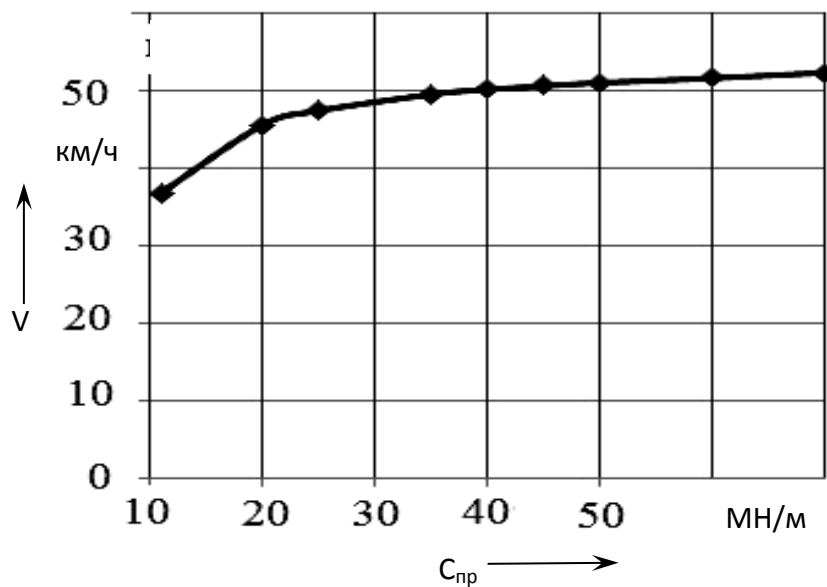


Рис. 6. Влияние жесткости задней подвески на управляемость штабной машины

Расчеты проводились с учетом приведенной жесткости задней подвески, включая стабилизатор, к ширине колес. Из графика видно, что без стабилизатора поперечной устойчивости максимальная скорость штабной машины в повороте

составляет всего 36,9 км/ч, а при использовании стабилизатора – 51,5 км/ч. Дальнейшее увеличение суммарной жесткости приводит к незначительному увеличению максимальной скорости (0,6 км/ч).

Сравнение аналитических расчетов с результатами моделирования в пакете ADAMS показывают хорошую сходимость (расхождение  $\sim 1$  км/ч).

### **Заключение**

1. Для расчетов статической устойчивости и управляемости штабной машины можно пользоваться выведенными аналитическими формулами, учитывающими конструктивные параметры автомобиля и его подвески. Это подтверждают одинаковые значения угла опрокидывания и максимальной скорости в повороте с результатами моделирования в ADAMS.

2. Полученные данные свидетель-

ствуют, что основными факторами, определяющими статическую устойчивость штабной машины, являются геометрические параметры: масса, приходящая на заднюю подвеску, колея колес и высота центра тяжести машины. Влияние жесткости задней подвески существенно сказывается только в диапазоне 50...130 кН/см, а в диапазоне 150...250 кН/см изменение угла поперечной устойчивости составляет всего  $1,0^\circ$ .

3. Влияние стабилизатора поперечной устойчивости более значительно сказывается на максимальной скорости в повороте (36,9 и 51,5 км/ч). Дальнейшее изменение жесткости стабилизатора уже почти не влияет на устойчивость.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. **Божкова, Л. В.** Влияние поперечных вынужденных колебаний кузова на потерю устойчивости автомобиля / Л. В. Божкова, Г. И. Норицина, М. С. Николаева // Автомобильная промышленность. – 2013. – № 4. – С. 21–25.
2. **Мишута, Д. В.** Расчетное исследование параметров опрокидывания и устойчивости кузова-контейнера штабной машины, установленного на шасси МАЗ-631705-374 / Д. В. Мишута // Тез. докл. Белорус.-Рос. науч.-практ. конф. по военно-техническому сотрудничеству, Минск, 16–18 мая 2012 г. – Минск : БелИСА, 2012. – С. 140–142.

*Статья сдана в редакцию 24 июня 2013 года*

**Дмитрий Викторович Мишута**, ООО «Мидивисана». Тел.: 8-375-017-385-24-24.

**Владимир Георгиевич Михайлов**, канд. техн. наук, ООО «Мидивисана». Тел.: 8-375-017-385-24-24.

**Dmitry Viktorovich Mishuta**, Chairman of the Board of Directors of ООО «Midivisana». Tel.: +375-017-385-24-24.  
**Vladimir Georgiyevich Mikhailov**, PhD (Engineering), Chief engineer of ООО «Midivisana». Tel.: +375-297-85-09-16.

---

УДК 621.83.06

*А. П. Прудников, М. Е. Лустенков, Е. С. Фитцова*

---

**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КУЛАЧКОВОЙ РОЛИКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ**

---

UDC 621.83.06

*A. P. Prudnikov, M. Y. Lustenkov, E. S. Fitsova*

---

**RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDY ON THE CYLINDRICAL CAM ROLLER  
TRANSMISSION**

---

**Аннотация**

Приведены результаты экспериментальных исследований по определению КПД опытного образца цилиндрической кулачковой роликовой передачи. Представлена математическая модель, позволившая проанализировать влияние исследуемых факторов на КПД передачи и определить оптимальную величину крутящего момента на ведомом валу. Исследовано изменение нагрузочной способности передачи вследствие применения механизма выравнивания нагрузки по потокам. Разработан и испытан опытный образец ключа с усилителем момента с исследуемой передачей.

**Ключевые слова:**

передача, промежуточные тела качения, составной ролик, эксперимент, КПД, нагрузочная способность.

**Abstract**

The paper presents results of the experimental research, the objective of which was to determine the efficiency of a cylindrical cam roller transmission prototype. With the developed mathematical model, the analysis of the impact of the factors studied on the transmission efficiency was done and the optimal value of the torque on the driven shaft was determined. The increase in the transmission load-carrying capacity due to using the mechanism of load equalization on path was estimated. The prototype of a wrench with a torque amplifier was developed and tested with the transmission under study.

**Key words:**

transmission, intermediate rolling bodies, composite roller, experiment, efficiency factor, load-carrying capacity.

---

**Введение**

Одно из ведущих мест в машиностроении промышленно развитых стран занимает изготовление редукторов и мотор-редукторов. По данным электронного ресурса «Power Transmissions World», годовой объем мирового рынка производства механических передач (редукторов и мотор-редукторов) превысил 8 млрд долл. США в 2010 г. После рецессии 2008 г. данный рынок неуклонно растет, и, по прогнозам анали-

тического агентства Frost & Sullivan, к 2017 г. ожидается, что его объем составит более 10 млрд долл. США. Наиболее крупными производителями механических передач являются США (около 30 % мирового рынка), Япония, Германия, Китай, Италия, Франция, Англия. В Республике Беларусь есть несколько предприятий (ЗАО «Белробот» и др.), специализирующихся на серийном производстве редукторной техники, однако годовые объемы выпуска незначительны и не могут удов-

летворить потребность отечественных машиностроительных предприятий. Следовательно, развитие данной сферы направлено на импортозамещение. Наиболее распространены зубчатые редукторы, т. к. технологии изготовления зубчатых колес и методики расчета зубчатых передач совершенствуются на протяжении нескольких столетий. Однако в некоторых случаях целесообразно рассмотреть вопрос использования передач других типов. В производственной практике имеются сферы применения редукторных механизмов, где необходимо осуществлять передачу крутящего момента в условиях ограниченных диаметральных размеров (диаметр корпуса до 130...140 мм). Примерами являются механизмы, работающие в скважинах, встраиваемые в корпуса трубчатой формы, приводы технологических приспособлений и устройств для передачи усилий в труднодоступные места (баллонные ключи, лебедки и т. д.), а также механизмы приводов автомобилей и сельскохозяйственной техники. Например, снижение диаметральных габаритов автомобильных дифференциалов позволяет увеличить дорожный просвет и, соответственно, повысить проходимость транспортного средства.

В последнее время в США, Российской Федерации, Японии, Китае активизировались работы по разработке передач с промежуточными телами качения (ППТК). Большинство известных конструкций таких передач имеют недостатки: невысокий КПД, что обусловлено возникающим скольжением при взаимодействии тел качения и основных деталей передачи, отсутствие требуемой нагрузочной способности вследствие неравномерности распределения нагрузки между телами качения. Одна из разновидностей ППТК – цилиндрическая кулачковая роликовая передача (ЦКРП). Она отличается малыми диаметральными размерами, многопоточностью при передаче на-

грузки и высокой нагрузочной способностью. Данный тип передачи в условиях ограниченных диаметральных размеров может успешно конкурировать с планетарными зубчатыми и волновыми передачами при разработке соответствующих методик расчета и проектирования, направленных на улучшение эксплуатационных характеристик.

### **Объект и методика испытаний**

Исследуемая конструкция цилиндрической кулачковой роликовой передачи (ЦКРП) от известных аналогов [1, 2] отличается применением составных роликов с полусферической поверхностью элементов, контактирующих с беговыми дорожками. Использование роликов, состоящих из трех элементов, которые могут вращаться относительно друг друга, позволяет повысить КПД передачи вследствие замены скольжения качением. Каждая из составляющих ролика совершает качение по соответствующей поверхности. Передача также содержит механизм выравнивания нагрузки по потокам, состоящий из вкладышей, устраняющих перекос осей роликов и упругих компенсирующих элементов, установленных в пазах ведомого вала. Упругие компенсирующие элементы позволяют вкладышам самоустанавливаться в процессе работы передачи, совершая микроперемещения относительно ведомого вала. Это обеспечивает более равномерное распределение нагрузки между телами качения и компенсирует погрешности изготовления основных деталей зацепления.

Для исследования КПД ЦКРП был спроектирован и изготовлен опытный образец редуктора, основные узлы и детали которого представлены на рис. 1.

При проектировании опытного образца редуктора на основе ЦКРП были приняты следующие исходные данные и параметры нагружения: диаметр корпуса 130 мм; радиус полусферических поверхностей элементов составных

роликов  $r_{41} = r_{43} = 12$  мм; передаточное число  $u = 12$ ; номинальный крутящий момент на ведомом валу  $M_2 = 100$  Н·м; рабочая частота вращения ведущего вала  $n_1 = 1500$  мин<sup>-1</sup>. Материал деталей передачи – сталь 40Х, термообработка – улучшение.

В качестве упругих компенси-

рующих элементов в механизме выравнивания нагрузки по потокам использовались элементы, выполненные из резины, стальные упругие компенсирующие элементы (сталь 65Г), также рассматривался случай отсутствия упругих компенсирующих элементов в пазах ведомого вала.

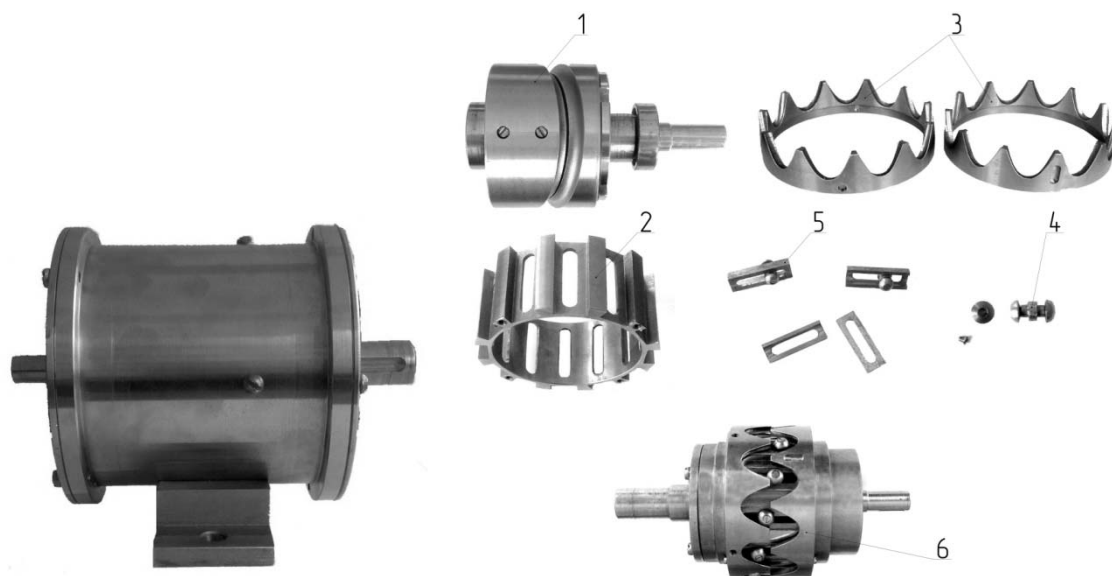


Рис. 1. Опытный образец и детали ЦКРП: 1 – ведущий вал с кулачками, образующими однопериодную беговую дорожку; 2 – сепаратор со сквозными продольными прорезями, являющийся элементом ведомого вала; 3 – кулачки, закрепляемые в корпусе и образующие многопериодную беговую дорожку; 4 – составные ролики; 5 – вкладыши с составными роликами; 6 – редуцирующий узел ЦКРП

Для исследования влияния на КПД ЦКРП типа упругих компенсирующих элементов, используемых в механизме выравнивания нагрузки по потокам, частоты вращения ведущего вала и крутящего момента на ведомом валу необходимо провести испытания опытного образца передачи и разработать математическую модель на базе результатов испытания.

Для экспериментального исследования ЦКРП был использован стенд, разработанный для испытания соосных механических передач, установленный в Лаборатории испытаний механических приводных систем Белорусско-Российского университета (рис. 2). Работа стенда построена на принципе разомкнутого силового потока, когда энергия

от двигателя, проходя через испытуемый редуктор, гасится с помощью тормозного устройства.

Испытательный стенд состоит из асинхронного электродвигателя 1 (с номинальной мощностью  $P = 4$  кВт и частотой вращения  $n = 2880$  мин<sup>-1</sup>), нагрузителя 2 (порошковый тормоз ПТ-16М1), испытываемого редуктора 3, датчиков 4 и 5 крутящего момента и частоты вращения. Для регулировки скорости вращения вала двигателя предусмотрен частотный преобразователь 6, изменение величины тормозного момента нагрузителя 2 осуществляется с помощью регулятора 7. Вместо порошкового тормоза в качестве нагрузителя также может использоваться электрическая машина постоянного тока с мульт-

типликатором. Измеряемые датчиком величины момента и частоты вращения отображались на ПЭВМ 8 [3]. В качестве измерительных устройств применялись изготовленные ООО «ТИЛКОМ»

датчики крутящего момента и частоты вращения М20С-50 (номинальный момент 50 Н·м) 4 и М20С-500 (номинальный момент 500 Н·м).

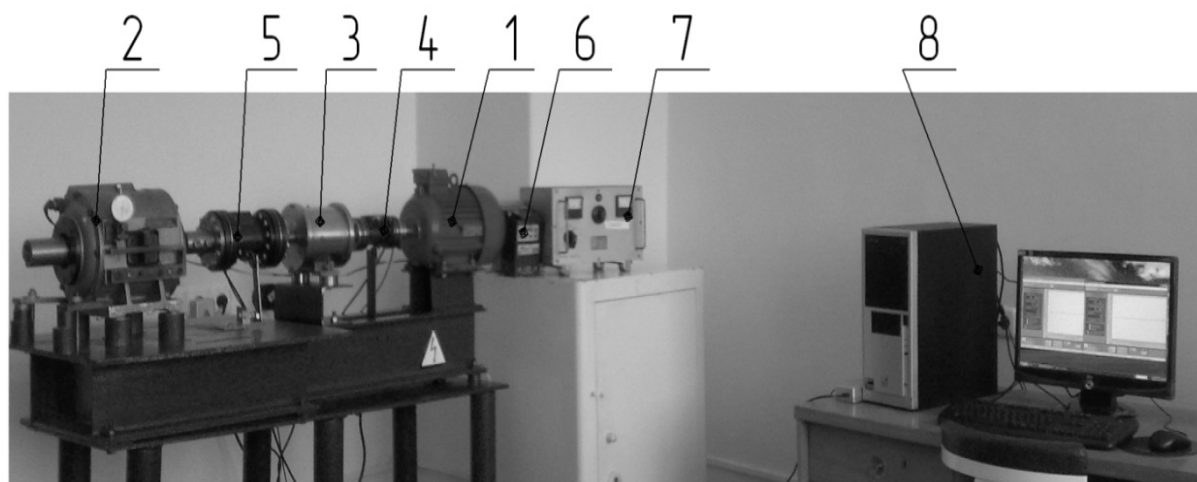


Рис. 2. Стенд для испытания соосных механических передач

Испытания проводились с использованием консистентной смазочной композиции, состоящей из смеси графита и гипойдного масла ТАД17и [4].

Пределы изменения, интервалы и уровни варьирования факторов приведены в табл. 1.

Табл. 1. Пределы изменения, интервалы и уровни варьирования факторов

| Фактор                                               | Предел изменения | Интервал варьирования | Уровень варьирования |                   |             |
|------------------------------------------------------|------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|-------------|
|                                                      |                  |                       | -1                   | 0                 | +1          |
| Тип упругого компенсирующего элемента ( $x_1$ )      | –                | –                     | Резина               | Стальная пластина | Отсутствует |
| Частота вращения $n_1$ , мин <sup>-1</sup> ( $x_2$ ) | 500...1500       | 500                   | 500                  | 1000              | 1500        |
| Крутящий момент $M_2$ , Н·м ( $x_3$ )                | 30...110         | 40                    | 30                   | 70                | 110         |

Для полного трехфакторного эксперимента составляется матрица планирования при числе экспериментов  $N = 3^3 = 27$ . Планирование эксперимента, оценка отклонения параметра оптимизации, вычисления коэффициентов регрессии и т. д. проводились согласно известным методикам [6, 7].

### **Результаты экспериментов и их обсуждение**

В результате обработки экспериментальных данных была получена математическая модель объекта исследования, выраженная полиномом второй степени



$$y = 0,8 + 0,032x_1 + 0,021x_2 + 0,141x_3 - 0,023x_1x_3 - 0,005x_1x_3 - 0,054x_1^2 - 0,01x_2^2 - 0,138x_3^2, \quad (1)$$

где  $x_1$  – кодированное значение фактора – тип упругого компенсирующего элемента;  $x_2$  – кодированное значение фактора – частота вращения ведущего вала;  $x_3$  – кодированное значение фактора – крутящий момент на ведомом валу.

Далее осуществлялась проверка гипотезы адекватности полученной модели по F-критерию Фишера [6, с. 358–359].

На основе анализа полученной ма-

тематической модели установлено, что наибольшее влияние на КПД передачи оказывает крутящий момент на ведомом валу. При этом влияние типа упругих компенсирующих элементов и частоты вращения ведущего вала меньше в 4,4 раза и в 6,7 раза соответственно. При увеличении значения указанных факторов КПД возрастает.

Графики изменения КПД передачи в зависимости от рассматриваемых факторов, построенные на основе математической модели, представлены на рис. 3...5.

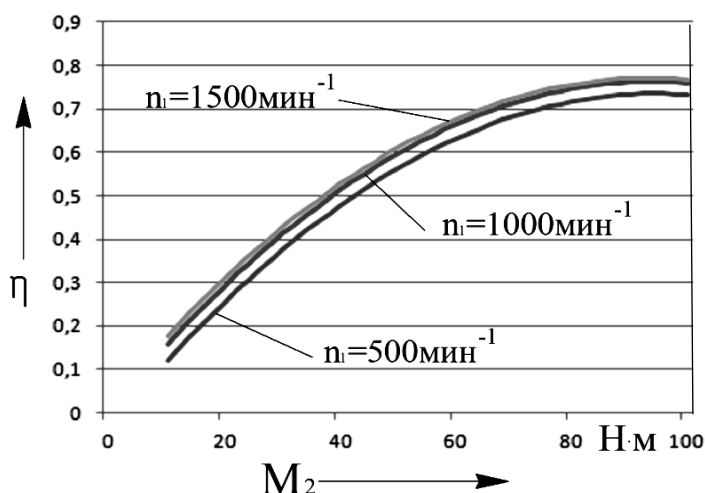


Рис. 3. График изменения КПД передачи при использовании упругих компенсирующих элементов из резины

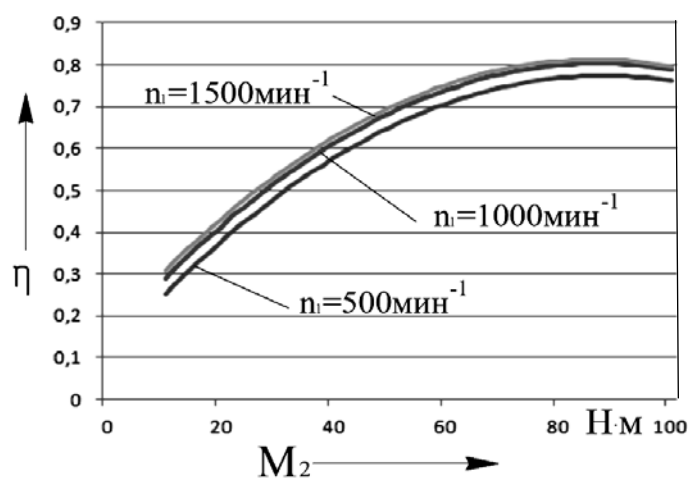


Рис. 4. График изменения КПД передачи при использовании стальных упругих компенсирующих элементов

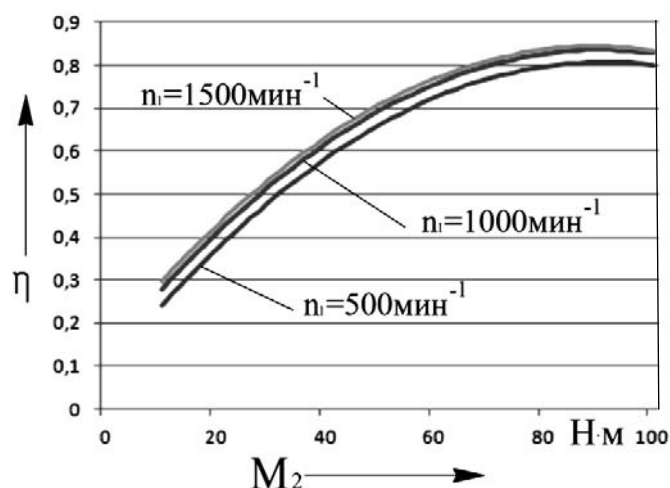


Рис. 5. График изменения КПД передачи при отсутствии упругих компенсирующих элементов

Анализ полученных результатов показал, что максимальный КПД достигнут вследствие применения в качестве упругих компенсирующих элементов в механизме выравнивания нагрузки по потокам стальных пластин при частоте вращения ведущего вала 1500 мин<sup>-1</sup>.

На основании полученной математической модели был определен оптимальный крутящий момент на ведомом валу (в качестве критерия оптимизации выступает КПД передачи). Переход от кодированного значения фактора к натуральному осуществляется в соответствии с [7, с. 66] по формуле

$$x_3 = \frac{M_2 - 70}{40}. \quad (2)$$

Уравнение (1) дифференцируется по  $x_3$ , при этом учитывается, что максимального КПД исследуемая передача достигает при использовании в качестве упругих компенсирующих элементов стальных пластин и частоте вращения ведущего вала 1500 мин<sup>-1</sup> соответственно  $x_1 = 0$ ,  $x_2 = 1$ .

$$\frac{dy}{dx_3} = 0,136 - 0,276x_3. \quad (3)$$

Данное выражение приравнивается к нулю и вместо  $x_3$  подставляется в

правую часть формулы (2). Крутящий момент на ведомом валу, при котором КПД испытываемого опытного образца ЦКРП максимален, равен 89,72 Н·м. При этом в соответствии с полученной математической моделью КПД составляет 0,84. Полученные теоретические результаты были подтверждены повторным испытанием опытного образца ЦКРП со стальными упругими компенсирующими элементами в механизме выравнивания нагрузки по потокам и при частоте вращения ведущего вала 1500 мин<sup>-1</sup>. Максимальный КПД, равный 0,83, был достигнут при  $M_2 = 92$  Н·м.

Для оценки нагрузочной способности разработанной ЦКРП вследствие использования механизма выравнивания нагрузки по потокам проведены два этапа испытания опытного образца ЦКРП: без механизма выравнивания нагрузки по потокам и с его применением со стальными пластинами в качестве упругих компенсирующих элементов. В смазочный материал, содержащий графит, расположенный во вкладышах, установленных в пазах ведомого вала, добавлялся абразив с зернистостью 40. Материал деталей составных роликов – сталь 40Х, термообработка – улучшение. На обоих этапах испытание прово-

дится в течение 2 ч при  $n_1 = 1500 \text{ мин}^{-1}$ ,  $M_2 = 50 \text{ Н}\cdot\text{м}$ .

На каждом этапе испытания использовался новый комплект составных роликов и осуществлялась регулировка осевого положения кулачков для компенсации износа беговых дорожек. До начала испытания и после его проведения на каждом этапе с помощью микрометра МК 25 измерялись диаметры

цилиндрических втулок, являющихся элементами составных роликов, контактирующих с вкладышами, установленными в пазах ведомого вала, что позволило определить величину уменьшения диаметра в результате износа диаметра цилиндрической втулки.

Результаты испытаний для оценки повышения нагрузочной способности ЦКРП приведены в табл. 2.

Табл. 2. Результаты измерения уменьшения диаметра цилиндрической втулки

| Номер цилиндрической втулки | Величина уменьшения диаметра цилиндрической втулки $U_{42}$ , мм |         |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------|---------|
|                             | I этап                                                           | II этап |
| 1                           | 0,08                                                             | 0,06    |
| 2                           | 0,09                                                             | 0,07    |
| 3                           | 0,08                                                             | 0,06    |
| 4                           | 0,1                                                              | 0,05    |
| 5                           | 0,09                                                             | 0,07    |
| 6                           | 0,08                                                             | 0,06    |
| 7                           | 0,08                                                             | 0,07    |
| 8                           | 0,08                                                             | 0,05    |
| 9                           | 0,1                                                              | 0,06    |
| 10                          | 0,08                                                             | 0,07    |
| 11                          | 0,09                                                             | 0,07    |
| 12                          | 0,08                                                             | 0,07    |

На основании полученных данных определялись средние величины уменьшения диаметра цилиндрической втулки: на I этапе  $U_{42} = 0,086 \text{ мм}$ ; на II этапе  $U_{42} = 0,063 \text{ мм}$ .

Так как геометрические параметры и условия работы передачи на обоих этапах испытаний были одинаковы, то величина уменьшения диаметра цилиндрической втулки в результате износа прямо пропорциональна силе, действующей на цилиндрическую втулку. Соответственно, можно сделать вывод, что при использовании упругих компенсирующих элементов (стальных пластин) нагрузочная способность ЦКРП увеличивается в 1,35 раза.

На базе проведенных теоретических и экспериментальных исследований был разработан ключ с усилителем крутящего момента, который предназначен для развинчивания резьбовых соединений, крепящих головки блока цилиндров дизельных двигателей тепловозов ЧМЭ-3. Для лабораторных испытаний ключа был разработан стенд, конструкция которого показана на рис. 6.

Ключ обеспечил момент затяжки и срыва резьбы  $200 \text{ Н}\cdot\text{м}$ . Приложить больший момент не позволили технические параметры стенда (предельное значение силы, регистрируемое индикатором). Промышленная апробация ключа проходила в Локомотивном депо Могилы.

лев. Ключ обеспечил разовый срыв резьбовых соединений (номинальный момент затяжки 2500 Н·м). Потеря работоспособности ключа была связана с

нарушением целостности вспомогательных элементов, их конструкция дорабатывается.

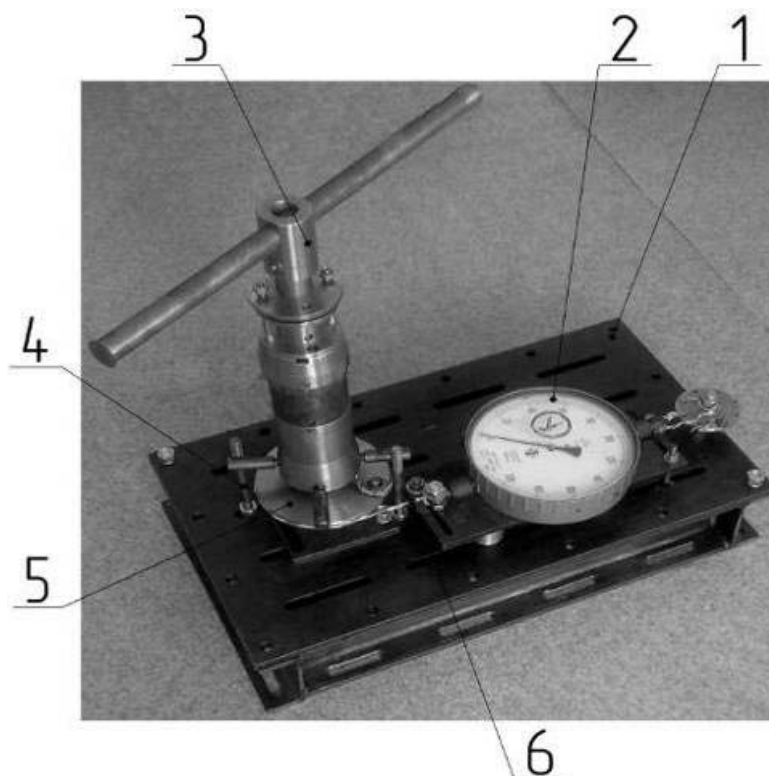


Рис. 6. Стенд для испытаний ключа с усилителем крутящего момента: 1 – плита; 2 – индикатор ДПУ-002-2; 3 – испытуемый ключ; 4 – упор; 5 – диск, соединенный с отвинчиваемым винтом; 6 – трос

### Выводы

Полученное на основе экспериментальных данных уравнение регрессии позволяет определить параметры нагружения редуктора, при которых достигается максимальный КПД. Установлено, что опытный образец редуктора с ЦКРП имеет наивысший КПД (0,83) при использовании в качестве упругих компенсирующих элементов стальных (сталь 65Г) пластин при частоте вращения ведущего вала  $1500 \text{ мин}^{-1}$  и моменте на ведомом валу  $92 \text{ Н·м}$ .

Измерение КПД кулачковых передач цилиндрического типа с шариками и цельными роликами в качестве промежуточных тел качения при аналогичных исходных данных показало, что

максимальный КПД в первом случае составил 0,64, во втором – 0,76. Таким образом, в результате совершенствования конструкции ЦКРП было достигнуто повышение КПД на 19 и 7 % соответственно.

Установлено, что вследствие применения механизма выравнивания нагрузки по потокам (со стальными (сталь 65Г) пластинами в качестве упругих компенсирующих элементов) нагрузочная способность опытного образца редуктора с ЦКРП увеличивается в 1,35 раза. Результаты исследований подтверждены лабораторными испытаниями и промышленной апробацией ключа с усилителем крутящего момента со встроенной ЦКРП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Игнатищев, Р. М.** Синусошариковые редукторы / Р. М. Игнатищев. – Минск : Выш. шк., 1983. – 107 с. : ил.
2. **Лустенков, М. Е.** Передачи с промежуточными телами качения: определение и минимизации потерь мощности : монография / М. Е. Лустенков. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – 274 с. : ил.
3. **Прудников, А. П.** Испытания передач с промежуточными телами качения / А. П. Прудников // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы X Междунар. межвуз. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов, Гомель, 29–30 апр. 2010 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. Гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2010. – С. 27–30.
4. **Лустенков, М. Е.** Испытания передач с промежуточными телами качения / М. Е. Лустенков, А. П. Прудников // Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – № 5. – С. 32–33.
5. **Адлер, Ю. П.** Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1976. – 279 с.
6. Исследования и изобретательство в машиностроении : учеб. пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / М. Ф. Пашкевич [и др.] ; под общ. ред. М. Ф. Пашкевича. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2005. – 294 с.
7. **Тихомиров, В. Б.** Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности) / В. Б. Тихомиров. – М. : Легкая индустрия, 1974. – 263 с.

*Статья сдана в редакцию 11 июня 2013 года*

**Александр Петрович Прудников**, аспирант, Белорусско-Российский университет.  
Тел.: +375-292-44-06-70.

**Михаил Евгеньевич Лустенков**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.  
Тел.: 8-0222-25-36-71.

**Екатерина Сергеевна Фитцова**, маркетолог, Белорусско-Российский университет.  
Тел.: 8-0222-25-10-91.

**Aleksandr Petrovich Prudnikov**, PhD student, Belarusian-Russian University. Tel.: 8-0222-44-06-70.

**Mikhail Yevgenyevich Lustenkov**, PhD, Associate Professor, Belarusian-Russian University.  
Tel.: 8-0222-25-36-71.

**Yekaterina Sergeyevna Fitsova**, marketer, Belarusian-Russian University. Tel.: 8-0222-25-10-91.

---

УДК 629.3

*В. П. Тарасик, Н. Н. Горбатенко, Р. В. Плякин*

---

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

---

UDC 629.3

*V. P. Tarasik, N. N. Gorbatenko, R. V. Pliakin*

---

## THE SYSTEM FOR MONITORING THE TECHNICAL CONDITION OF HYDROMECHANICAL TRANSMISSIONS

---

### **Аннотация**

Приведена структурная схема разработанной авторами мехатронной системы автоматического управления и диагностирования гидромеханической передачи карьерных самосвалов БелАЗ. Изложено описание алгоритмов мониторинга технического состояния механизмов гидромеханической передачи и формирования защитных функций системы управления, позволяющих предотвратить возникновение аварийных режимов работы и сохранить работоспособность гидромеханической передачи.

### **Ключевые слова:**

мониторинг, диагностирование, гидромеханическая передача, фрикцион, мехатронная система автоматического управления, карьерный самосвал.

### **Abstract**

The paper presents the structural diagram of a mechatronic system of automatic control and diagnostics developed by the authors for hydromechanical transmissions of BelAZ quarry dump trucks. The paper also describes the algorithms for monitoring the technical condition of hydromechanical transmission mechanisms and for forming protective functions of the control system that prevent the occurrence of emergency operation and maintain the operating capacity of a hydromechanical transmission.

### **Key words:**

monitoring, diagnostics, hydromechanical transmission, friction clutch, mechatronic system of automatic control, quarry dump truck.

---

На кафедре «Автомобили» Белорусско-Российского университета разработана мехатронная система автоматического управления и диагностирования гидромеханической передачи карьерных самосвалов БелАЗ [1–4]. На основе выполненного комплекса теоретических и экспериментальных исследований разработаны алгоритмы процессов управления и диагностирования гидромеханической передачи (ГМП), создано программное обеспечение управляющего микропроцессорного контроллера.

На начальном этапе разработки мехатронной системы автоматического управления (МСАУ) использовались импортные электронные компоненты, в основном компоненты производства фирмы «Бош Рексрот Групп» (Bosch Rexroth Group, Германия). На их основе были изготовлены опытные образцы МСАУ, отработаны алгоритмы управления и диагностирования, осуществлена доводка программного обеспечения. Затем в течение 2010...2012 гг. по заданию ГНТП «Машиностроение» были созданы отечественные компоненты ме-

хатронной системы автоматического управления (управляющий микропроцессорный контроллер, селектор режимов управления ГМП, пропорциональный электромагнит, электрогидравлический пропорциональный клапан, электронная педаль акселератора, датчик частоты вращения, датчик температуры). В их создании совместно с кафедрой «Автомобили» БРУ принимали участие сотрудники Объединенного института машиностроения НАНБ и конструкторы ОАО «Измеритель» (г. Новополоцк).

В статье рассматривается структура управляющей программы контроллера и алгоритмы мониторинга технического состояния механизмов ГМП и компонентов МСАУ.

Управляющая программа контроллера написана на языке программирования CoDeSys международного стандарта IEC-61131-3. Программа обеспечивает выполнение следующих основных функций: управление гидромеханической передачей; мониторинг ее технического состояния; защиту механизмов системы управления и гидромеханической передачи от повреждений в аварийных ситуациях.

Под мониторингом в данном случае подразумевается процесс сбора, регистрации, обработки и анализа информации, доставляемой системой датчиков, осуществляемый непрерывно во времени, на основе которого по соответствующему алгоритму контроллер формирует и выдает заключение о техническом состоянии компонентов гидромеханической передачи в процессе ее функционирования непосредственно во время выполнения автомобилем транспортной работы. Получаемая информация о возникновении неисправностей выводится на экран дисплея, а также записывается и хранится в электронном журнале неисправностей и доступна для использования в любой момент времени для проведения анализа и оценки технического состояния компонентов

МСАУ и механизмов ГМП.

Содержание и схемы алгоритмов управления гидромеханической передачей, описывающих процессы переключения передач и блокирования гидротрансформатора, приведены в [1–4].

Управляющая программа хранится в энергонезависимой памяти контроллера EEPROM. При включении замка зажигания двигателя контроллер подключается к бортовой электросети, и программа запускается на выполнение, обеспечивая осуществление контроллером функций управления гидромеханической передачей и диагностирования ее технического состояния. Формирование команд на управление осуществляется на основе информации об управляющих воздействиях водителя на органы управления автомобилем, о параметрах движения автомобиля, режимах работы двигателя и механизмов гидромеханической передачи. Для получения необходимой информации система управления снабжена комплексом датчиков, в который входят датчики частоты вращения вала двигателя, турбины гидротрансформатора, промежуточного и выходного валов коробки передач; датчики давления в главной масляной магистрали гидросистемы управления ГМП, магистрали гидротрансформатора, магистралях системы смазки механизмов ГМП, масляных фильтрах, магистралях подачи жидкости в гидроцилиндры фрикционных; датчики положений педали акселератора, рабочего и стояночного тормозов, тормоза-замедлителя, положения грузовой платформы.

Кроме того, контроллер управления ГМП связан CAN-шиной с контроллером управления двигателем, селектором режимов управления гидромеханической передачей, дисплеем, системой контроля загрузки автомобиля. Селектор режимов управления ГМП снабжен электронным модулем, формирующим информацию о выборе водителем режима управления и положении рычага селектора. Предусмотрены три

режима управления гидромеханической передачей: автоматический, командный и аварийный.

На рис. 1 показана структура

управляющей программы контроллера, укрупненно отображающая содержание ее основных блоков.

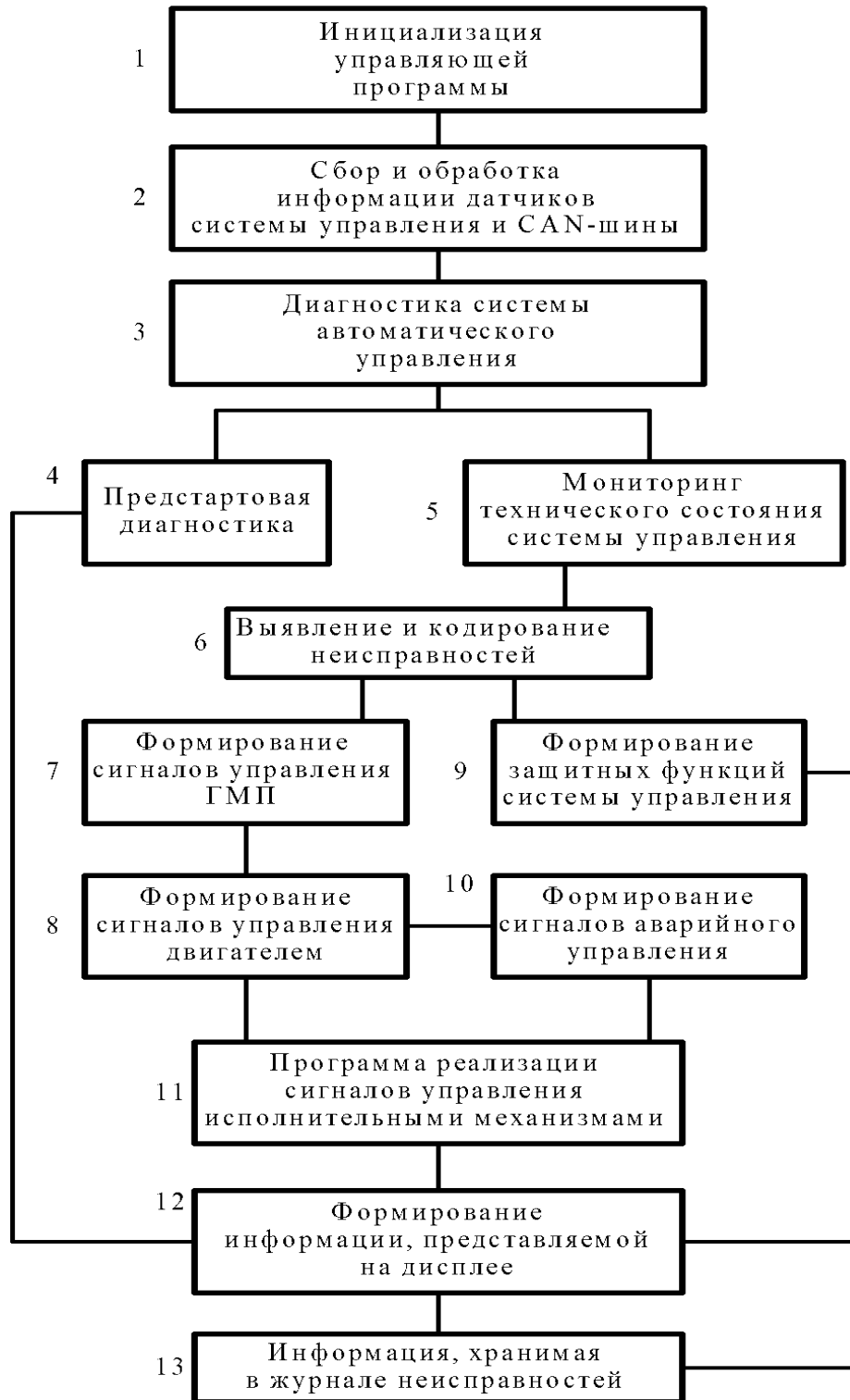


Рис.1. Структура управляющей программы контроллера



При включении питания контроллера осуществляется инициализация управляющей программы (блок 1). Инструкции блока инициализации выполняются только на первом цикле работы: задается время цикла контроллера; инициализируются все входы, выходы и CAN-шина контроллера; считывается массив параметров управления из базы данных, хранящейся в энергонезависимой памяти контроллера.

Все остальные блоки управляющей программы выполняются циклически с заданным периодом, равным времени цикла контроллера. В блоке 2 опрашиваются все входы контроллера, на которые поступает информация с системы датчиков и CAN-шины, с последующей обработкой полученных сигналов.

В блоке 3 диагностируются все электронные компоненты: датчики, пропорциональные электромагниты, элементы и системы самого контроллера.

Далее алгоритм разделяется на два русла. В первом цикле работы контроллера выполняется программа предстартовой диагностики (блок 4). Начало реализации этой программы происходит только после запуска двигателя и достижения устойчивой частоты вращения его коленчатого вала на холостом ходу. Вначале производится проверка правильности подключения пропорциональных электромагнитов и исправности датчиков давления. Затем диагностируются неисправности гидравлической системы гидромеханической передачи: проверяются уровни давления в главной гидромагистрали управления фрикционами, магистрали гидротрансформатора, магистралях системы смазки, выявляется наличие заклинивания золотников электрогидравлических пропорциональных клапанов (ЭГПК), управляющих фрикционами ГМП. Если в блоке предстартовой диагностики не было обнаружено неисправностей системы управления, то механизмы коробки передач устанавливаются в исходное нейтральное положение. При этом ав-

томатически включается фрикцион понижающего диапазона коробки передач и система управления оказывается в готовности к осуществлению своих функций. При выявлении неисправности информация о ее виде отображается на дисплее, а движение автомобиля возможно после ее устранения.

На всех последующих циклах работы контроллера проводится непрерывный мониторинг технического состояния системы управления и механизмов ГМП. При этом реализуются алгоритмы выявления неисправностей, оценивается критичность их последствий и при необходимости выполняются операции формирования защитных функций системы управления, позволяющие сохранить общую работоспособность всей системы в целом и ее механизмов при возникновении аварийных режимов работы. В числе таких режимов – непредусмотренная комбинация включенных фрикционов на данной передаче, пробуксовывание фрикциона после завершения программы его включения (вследствие износа фрикционных дисков или недостаточного давления рабочей жидкости в гидроцилиндре фрикциона), выход из строя электромагнита ЭГПК, невыключение фрикциона предыдущей передачи вследствие заклинивания золотника ЭГПК, недопустимое снижение уровня давления в главной гидромагистрали ГМП.

Если система управления не имеет неисправностей, то в блоке 7 управляющей программы на основании информации о параметрах движения автомобиля, уровне его загрузки, положении педали акселератора, положении рычага селектора режимов управления ГМП, с учетом значений угловых скоростей вращения вала двигателя, турбины гидротрансформатора, выходного вала коробки передач контроллер формирует по соответствующим алгоритмам сигналы на переключение передач и блокирование гидротрансформатора, которые реализуются посредством фрик-

ционов ГМП. Управление процессами включения и выключения фрикционов осуществляется в режиме широтно-импульсной модуляции тока, подаваемого контроллером на пропорциональные электромагниты ЭГПК. При этом выполняется заданная программа регулирования давления в гидроцилиндрах включаемых и выключаемых фрикционов, обеспечивая высокие показатели качества переходных процессов при переключении передач (блок 11). Для снижения динамических нагрузок и теплонапряженности фрикционных дисков при переключении передач кратковременно понижается вращающий момент двигателя по соответствующему сигналу, передаваемому по CAN-шине в контроллер управления двигателем (блок 8).

При выявлении в блоке 6 наличия неисправностей системы управления информация о них поступает в блок 9 для подробного анализа с целью принятия решения о возможности продолжения работы автомобиля. Если выявленная неисправность может привести к аварийной ситуации, тогда в блоке 9 по соответствующим алгоритмам форми-

руются защитные функции системы управления, а в блоке 10 – сигналы аварийного управления, обеспечивающего сохранение работоспособности системы управления и механизмов гидромеханической передачи. Аварийная система управления позволяет безопасно продолжить движение автомобиля до места его ремонта. Если же возникающая неисправность угрожает катастрофическими последствиями и разрушением механизмов ГМП, водитель получает об этом информацию на экране дисплея, сопровождаемую звучанием зуммера. Все электромагниты МСАУ обесточиваются, фрикционы ГМП выключаются, и автомобиль теряет возможность продолжать движение. Водитель при этом обязан затормозить автомобиль. Все виды обнаруженных неисправностей заносятся на хранение в электронный журнал системы диагностики.

На рис. 2 показана циклограмма процесса изменения давлений в гидроцилиндрах включаемого  $p_2$  и выключаемого  $p_1$  (штриховая линия) фрикционов.

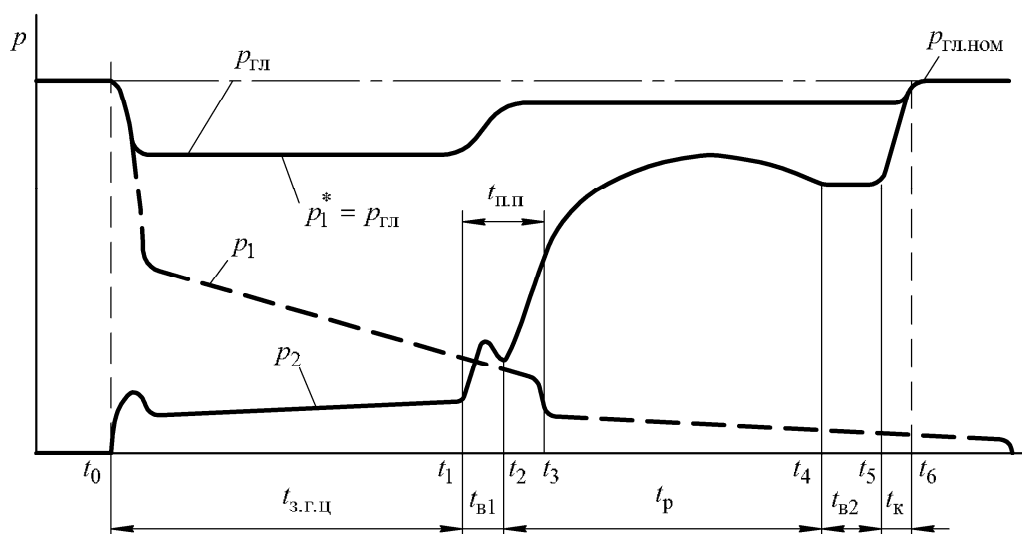


Рис. 2. Циклограмма изменения давлений в гидроцилиндрах фрикционов при переключении передачи

В момент времени  $t_0$  контроллер выдает сигнал на переключение передачи и запускает программу управления давлениями  $p_1$  и  $p_2$ . Приняты следующие обозначения интервалов времени, характеризующих процессы управления давлениями:  $t_{з.г.ц}$  – время заполнения гидроцилиндра включаемого фрикциона;  $t_p$  – время работы пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора давления (ПИД-регулятора);  $t_{в1}$  – время выдержки перед включением ПИД-регулятора;  $t_{в2}$  – время выдержки после окончания работы ПИД-регулятора;  $t_k$  – время нарастания давления до номинального значения  $p_2 = p_{г.л.ном}$ ;  $t_{п.п}$  – время перекрытия передач. В интервале времени  $t_{п.п}$  происходит буксование как включаемого, так и выключаемого фрикциона. Это обеспечивает непрерывную передачу потока энергии от двигателя к ведущим колесам, исключает падение скорости во время переключения передачи и повышает плавность движения автомобиля. Принимают время перекрытия передач  $t_{п.п} = 0,1 \dots 0,2$  с. В момент времени  $t_3$  гидроцилиндр выключаемого фрикциона соединяется со сливом, давление в гидроцилиндре  $p_1$  падает, фрикционные диски освобождаются, а момент трения фрикциона становится равным нулю. После этого продолжает буксовать только включаемый фрикцион, обеспечивая постепенное снижение относительной скорости скольжения его фрикционных дисков.

Если же золотник ЭГПК выключаемого фрикциона заклинивает, то этот фрикцион остается во включенном состоянии, давление  $p_1^*$  в его гидроцилиндре равно давлению в главной гидромгистрали  $p_1^* = p_{г.л.}$ , поэтому пробуксовка его исключена. В результате начинается процесс блокировки трансмиссии, что требует принятия срочных мер к ее пре-

дотвращению. Если не прервать этот процесс, он может закончиться поломкой механизмов трансмиссии.

На рис. 3 приведена схема алгоритма защиты трансмиссии от состояния, в котором при невыключенной предыдущей передаче происходит включение другой передачи.

Алгоритм реализуется после подачи сигнала  $F_{upr} = 1$  на переключение передач. В блоке 2 запускается таймер регистрации времени процесса переключения  $t_{пр}$  и осуществляется вычисление всех параметров: давлений  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_{г.л.}$ , относительных скоростей скольжения фрикционных дисков включаемого  $v_{ск2}$  и выключаемого  $v_{ск1}$  фрикционов, частот вращения всех валов коробки передач, текущего значения передаточного числа коробки передач  $u_{к.п}^*$  и сравнение его с передаточным числом включаемой передачи  $u_{к.п1}$ . Значение  $u_{к.п}^*$  вычисляется как отношение частоты вращения турбины гидротрансформатора  $n_T$  к частоте вращения выходного вала коробки передач  $u_{в.в}$ :  $u_{к.п}^* = n_T / n_{в.в}$ .

Алгоритм, как отмечалось выше, выполняется циклически, время цикла составляет 0,01 с. При выполнении условий блока 3, т. е. при превышении величины времени процесса  $t_{пр}$  суммы времени заполнения гидроцилиндра  $t_{з.г.ц}$  включаемого фрикциона и времени перекрытия передач  $t_{п.п}$  при одновременном превышении давления в гидроцилиндре выключаемого фрикциона  $p_1$  заданного минимального уровня давления  $p_{min}$  выполняются предписания, изложенные в блоке 5: обесточиваются электромагниты всех фрикционов коробки передач, что прерывает процесс начавшегося переключения передачи и предотвращает возможность осуществления любого дру-

гого переключения; формируется и передается на экран дисплея сообщение о виде случившейся неисправности,

имеющей в данном случае код  $F_{ault} = 1$ .

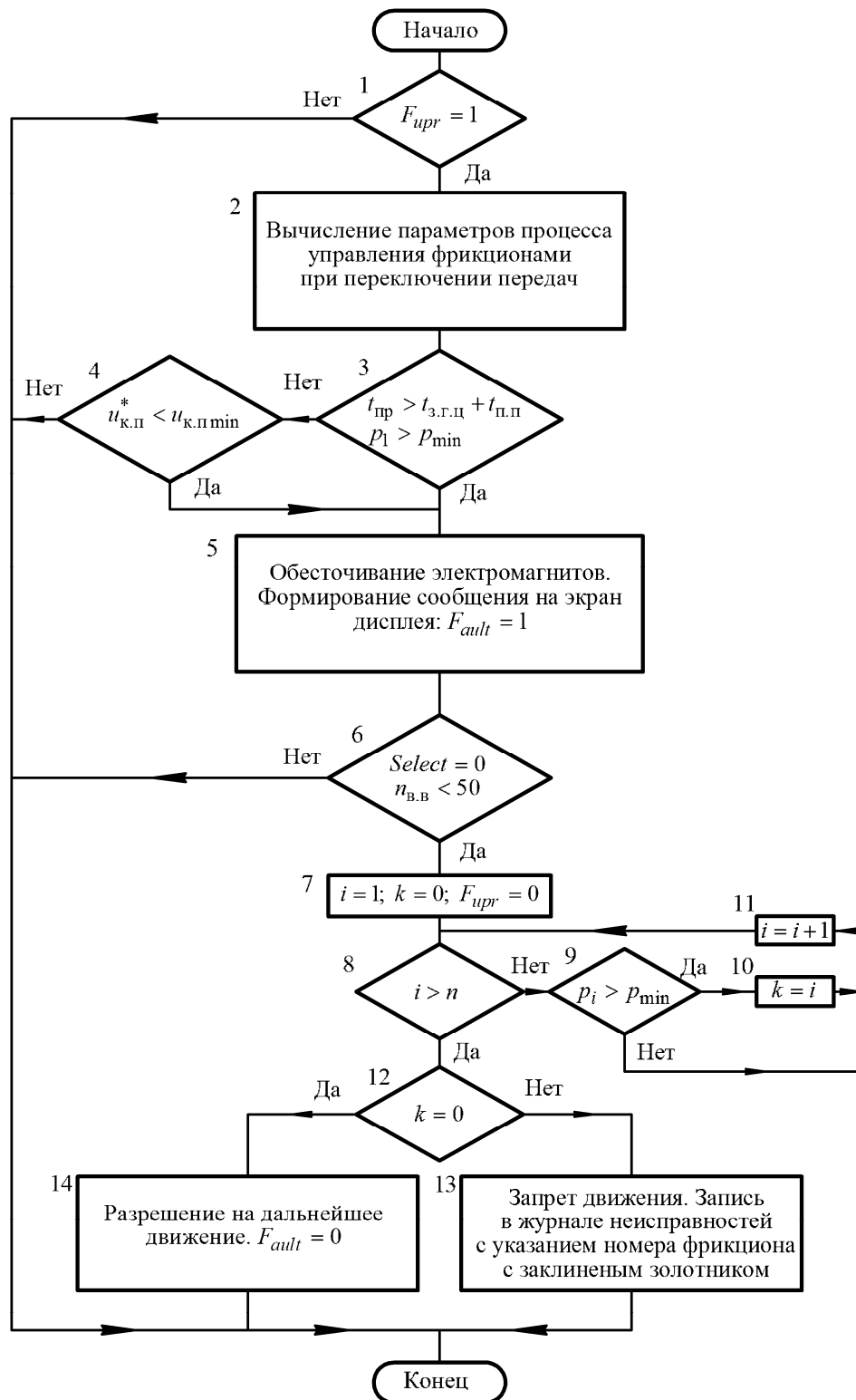


Рис. 3. Схема алгоритма защиты от одновременного включения двух передач

Содержание сообщения в данном случае следующее: «Включены две передачи. Затормозите автомобиль. Включите нейтраль в КП». На экране также загорается красным цветом предупреждающий сигнал о серьезной неисправности, и подается звуковой сигнал зуммера.

Если на интервале времени  $t_{п.п}$  происходит слишком быстрое падение частоты вращения турбины гидротрансформатора, то значение  $u_{к.п}^*$  резко падает, поэтому при  $u_{к.п}^* < u_{к.п.и\ min}$  также обеспечивается прерывание процесса переключения передач.

После перевода рычага селектора режимов управления ГМП в нейтраль код этого положения принимает значение  $Select = 0$ , а скорость заторможенного автомобиля проверяется по частоте вращения выходного вала коробки передач  $n_{в.в.}$ , значение которой не должно превышать 50 об/мин. При выполнении этих условий, контролируемых блоком 6, запускается программа обнаружения номера заклиненного золотника, реализуемая в блоках 7...11. В этих блоках:  $i$  – номер проверяемого золотника;  $n$  – количество золотников;  $k$  – номер заклиненного золотника. После обнаружения заклиненного золотника, что соответствует  $k > 0$ , на экран дисплея выводится информация о запрете движения до устранения неисправностей и производится запись о ней в журнале неисправностей (блок 13).

Предположим, что процессы функционирования включаемого и выключаемого фрикционов по всем параметрам соответствуют параметрам алгоритма управления: в момент времени  $t_3$  произошло выключение фрикциона предыдущей передачи и продолжается процесс регулирования давления  $p_2$  в соответствии с программой работы ПИД-регулятора (см. рис. 2). Но при этом после отработки ПИД-регулятора и по истечении суммарного времени интерва-

лов регулирования давления  $t_p$ ,  $t_{в2}$  и  $t_k$  включаемый фрикцион не замкнулся, а продолжает пробуксовывать с некоторой величиной относительной скорости скольжения фрикционных дисков  $v_{ск2}$ .

На рис. 4 приведены графики изменения относительных скоростей фрикционных дисков включаемого  $v_{ск2}$  и выключаемого  $v_{ск1}$  фрикционов, отражающие их изменение в рассматриваемом случае.

В интервале времени  $t_{ск1}$  пробуксовка со скоростью скольжения, не превышающей величину  $v_{доп}$ , считается допустимой. Но информация о факте скольжения и его продолжительности сохраняется в памяти контроллера. Если время пробуксовки  $t_{букс} > t_{ск1}$ , то информация выводится на экран дисплея и записывается в журнал неисправностей. При этом одновременно записывается информация о величине главного давления  $p_{гл}$  и времени заполнения гидrocилиндра данной передачи  $t_{з.г.ц.}$ . Значение  $t_{з.г.ц.}$  характеризует величину износа фрикционных дисков. Это дает возможность водителю и механику принимать решение о необходимости регулирования главного давления либо выполнения ремонта.

Если же время пробуксовки  $t_{букс}$  превышает заданное предельное значение  $t_{ск2}$ , а скорость скольжения дисков  $v_{ск2}$  превышает величину  $v_{доп}$  или при  $t_{букс} > t_{ск1}$  значение  $v_{ск2}$  выше критической величины  $v_{кр}$ , то запускается программа защиты, обеспечивающая автоматическое выключение данной передачи с целью предотвращения перегрева фрикционных дисков и их коробления и последующего выхода из строя фрикциона. При этом разблокируется гидротрансформатор, включается низшая передача и снижается вращающий

момент двигателя на время переключения передачи. В дальнейшем запрещается включение передачи с неисправ-

ным фрикционом до устранения неисправности.

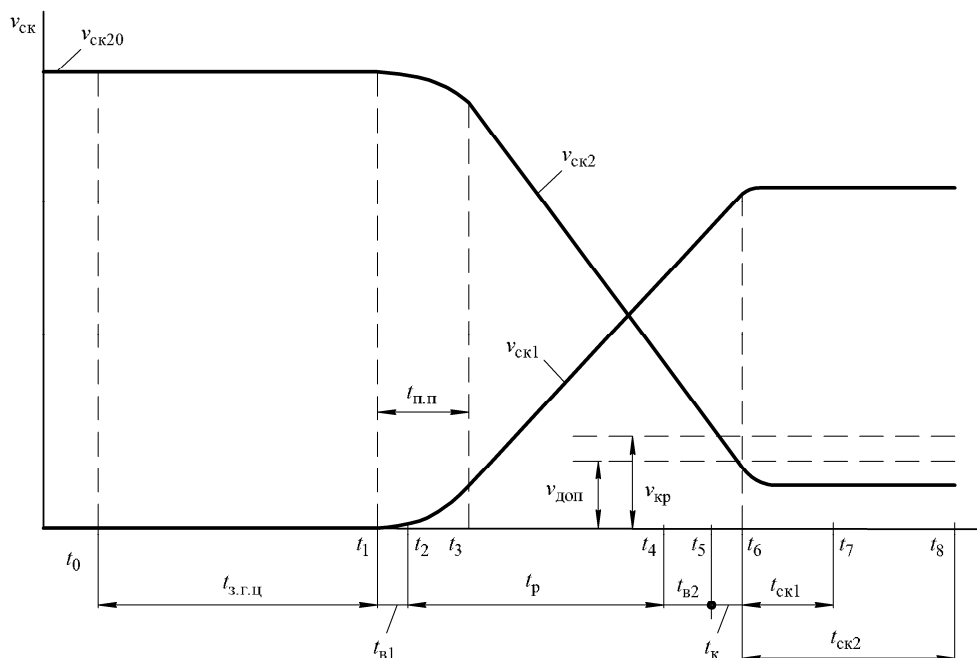


Рис. 4. Графики относительных скоростей фрикционов при переключении передач

Значения  $v_{кр}$  и  $v_{доп}$  определяются для каждого фрикциона коробки передач исходя из условий допустимой температуры нагрева фрикционных дисков за время буксования соответственно  $t_{ск1}$  и  $t_{ск2}$ . Значения интервалов  $t_{ск1}$  и  $t_{ск2}$  принимают в следующих пределах:  $t_{ск1} = 0,8 \dots 1,0$  с;  $t_{ск2} = 3 \dots 4$  с.

На рис. 5 приведена схема алгоритма защиты фрикционов коробки передач от возможного перегрева при их пробуксовке после включения передачи.

Проверка состояния фрикциона включенной передачи осуществляется после завершения процесса регулирования давления  $p_2$  в гидроцилиндре фрикциона, что фиксируется значением кода управления  $F_{upr} = 0$ . В блоке 2 вычисляются параметры состояния фрикциона, определяется значение  $v_{ск2}$ , которое в последующих блоках сравнива-

ется с величинами  $v_{кр}$  и  $v_{доп}$  по истечении соответствующих интервалов времени буксования  $t_{ск1}$  и  $t_{ск2}$ . В блоке 3  $v_{ск2}$  сравнивается с величиной  $\Delta$ , отображающей допустимую ошибку вычисления значения  $v_{ск2}$ . При выполнении условий блоков 4 и 5 происходит переход к блоку 8, в котором реализуется алгоритм защиты неисправного фрикциона от аварийного состояния при превышении критического значения скорости скольжения дисков  $v_{кр}$ . В блоках 6 и 7 анализируется возможность превышения скорости скольжения допустимой величины  $v_{доп}$  при времени буксования  $t_{букс} > t_{ск1}$ , что также недопустимо, поэтому и при этих условиях реализуется программа защиты.

В блоке 9 формируются параметры программы, предотвращающей

включение передачи с неисправным фрикционом до ликвидации неисправности. В любом случае при превышении значений  $v_{кр}$  или  $v_{доп}$  информация записывается и хранится в журнале неис-

правностей (блок 10). Значения  $v_{ск1}$  и  $v_{ск2}$  записываются соответственно при  $t_{букс} = t_{ск1}$  и  $t_{букс} = t_{ск2}$ .

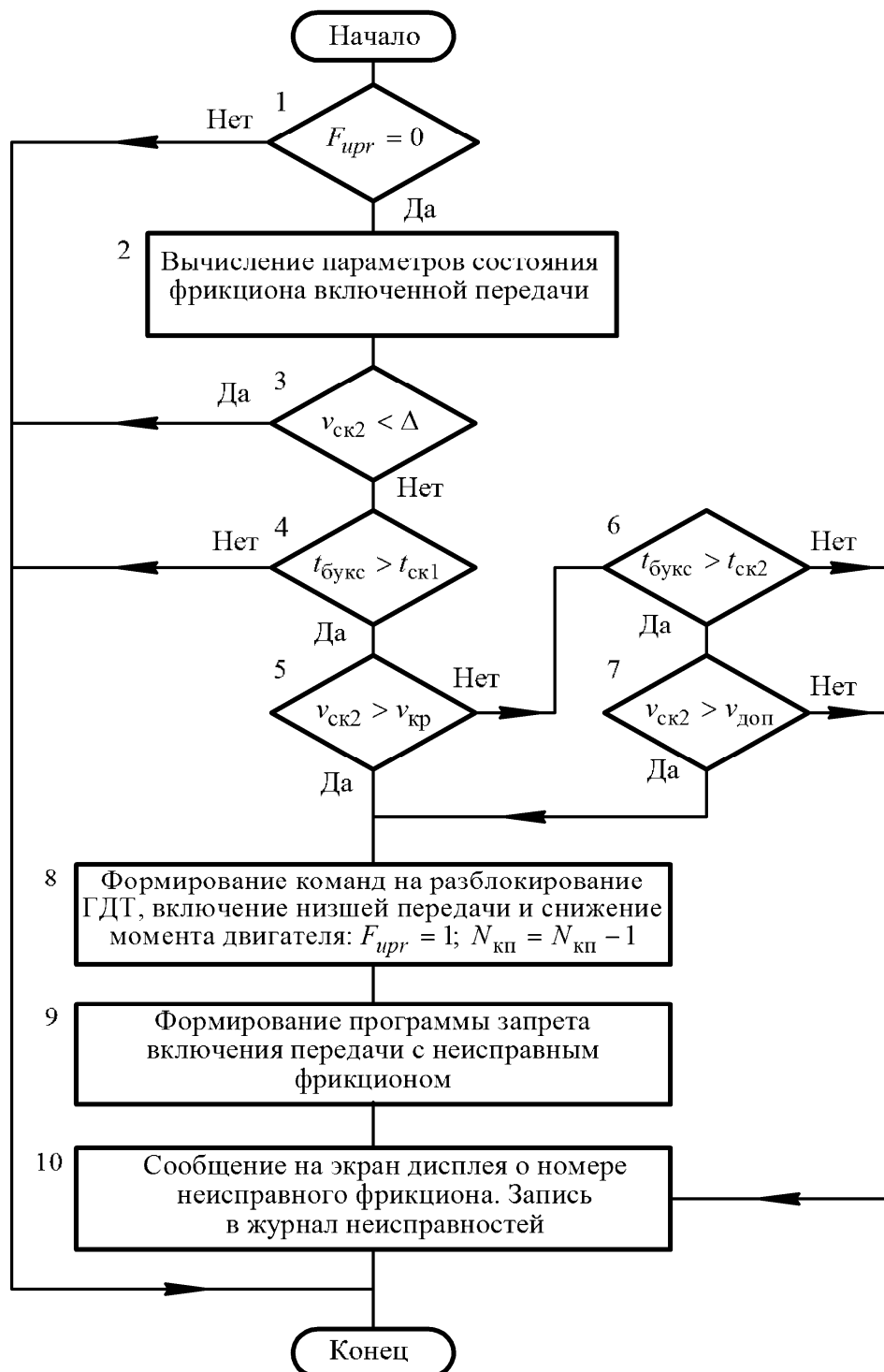


Рис. 5. Схема алгоритма защиты фрикциона включаемой передачи от перегрева при пробуксовке

Таким образом, созданная система мониторинга технического состояния механизмов гидромеханической передачи позволяет непрерывно во времени осуществлять контроль процессов их функционирования и предотвращать возможность возникновения аварийных ситуаций, приводящих к поломкам и простоям автомобиля в ремонте. В журнале неисправностей хранится информация обо всех обнаруженных отклонениях параметров процессов функционирования механизмов гидромехани-

ческой передачи, включая электронные компоненты системы автоматического управления, с фиксацией времени возникновения неисправностей, что дает возможность обслуживающему персоналу своевременно принимать соответствующие меры по их устранению. В результате обеспечивается существенное повышение ресурса работы механизмов гидромеханической передачи и эффективности выполнения транспортной работы автомобилем.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Диагностирование гидромеханических передач мобильных машин: монография / Н. Н. Горбатенко [и др.] ; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В. П. Тарасика. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – 511 с.
2. Мехатронная система автоматического управления ГМП карьерного самосвала / В. П. Тарасик [и др.] // Автомобильная промышленность. – 2010. – № 6. – С. 12–15.
3. **Тарасик, В. П.** Мехатронная система автоматического управления гидромеханической передачей карьерных самосвалов БелАЗ / В. П. Тарасик, Н. Н. Горбатенко, Р. В. Плякин // Грузовик. – 2011. – № 2. – С. 2–11.
4. **Тарасик, В. П.** Адаптация параметров алгоритма автоматического управления ГМП к параметрам автомобиля / В. П. Тарасик, И. М. Дычкин, А. Н. Егоров // Автомобильная промышленность. – 2006. – № 11. – С. 16–18.

*Статья сдана в редакцию 14 июня 2013 года*

**Владимир Петрович Тарасик**, д-р техн. наук, проф., Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-25-36-45. E-mail: avto@bru.mogilev.by.

**Николай Николаевич Горбатенко**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-25-84-27. E-mail: harb\_60@tut.by.

**Роман Владимирович Плякин**, ассистент, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-41-29-79. E-mail: romanp@tut.by.

**Vladimir Petrovich Tarasik**, DSc (Engineering), Prof., Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-25-36-45. E-mail: avto@bru.mogilev.by.

**Nikolai Nikolayevich Gorbatenko**, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-25-84-27. E-mail: harb\_60@tut.by.

**Roman Vladimirovich Pliakin**, assistant lecturer, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-41-29-79. E-mail: romanp@tut.by.



---

УДК 629.353

*В. П. Тарасик, В. С. Савицкий*

## ВЫБОР КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПЛАНЕТАРНОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ КАРЬЕРНОГО САМОСВАЛА

---

UDC 629.353

*V. P. Tarasik, V. S. Savitsky*

## SELECTION OF KINEMATIC SCHEME OF THE PLANETARY GEARBOX FOR A QUARRY DUMP TRUCK

---

### Аннотация

Приведены кинематические схемы планетарных коробок передач различных фирм. По предложенной системе критериев выполнен их анализ. Показаны преимущества и недостатки двухконтурных схем в сравнении с интегральными. На основе выполненного анализа предложено решение о выборе кинематической схемы для разработки коробки передач карьерного самосвала.

### Ключевые слова:

планетарная коробка передач, базовая коробка передач, делитель, трехзвенный дифференциальный механизм, фрикционная муфта, фрикционный тормоз, карьерный самосвал.

### Abstract

Kinematic schemes of planetary gearboxes of various manufacturers are given. Their analysis has been performed according to the proposed system of criteria. The advantages and disadvantages of two-element schemes compared to integrated circuits are shown. Based on the analysis done, the decision on the choice of a kinematic scheme for developing the gearbox for a quarry dump truck is suggested.

### Key words:

planetary gearbox, basic gearbox, splitter, three-element differential mechanism, friction clutch, friction brake, quarry dump truck.

---

На карьерных самосвалах зарубежных фирм грузоподъемностью до 150 т применяется в основном гидромеханическая трансмиссия, в состав которой входит блокируемый гидротрансформатор и планетарная коробка передач. Переключение передач осуществляется электронной системой автоматического управления, что существенно облегчает труд водителя и повышает производительность самосвала.

Планетарная коробка передач (ПКП) имеет значительные преимущества по сравнению с вальной коробкой передач: более высокая компактность, меньше масса и габариты, ниже удель-

ная материалоемкость, более высокая нагрузочная способность благодаря распределению нагрузки между несколькими сателлитами планетарных рядов, отсутствие радиальных нагрузок на подшипники валов (за исключением нагрузки на подшипники сателлитов). Управление переключением передач осуществляется фрикционными элементами – тормозами и блокировочными муфтами с гидроприводом. Конструкция фрикционных тормозов значительно проще конструкции фрикционных муфт, используемых в вальных коробках передач в качестве механизмов управления, что упрощает решение за-

дачи обеспечения высококачественного управления переходными процессами при переключении передач.

На ОАО «Белорусский автомобильный завод» по заданию ГНТП «Машиностроение» создается новый карьерный самосвал грузоподъемностью 60 т. Согласно техническому заданию на самосвале должен быть использован более мощный дизельный двигатель с целью повышения удельной мощности машины, а следовательно, и ее производительности, а также ПКП вместо вальной коробки передач, применяемой на серийных моделях самосвалов данного класса грузоподъемности. Ставится задача существенного повышения тягово-скоростных свойств самосвала. С учетом этого к создаваемой ПКП сформулированы следующие технические требования: обеспечение устойчивой скорости движения в пределах 4...5 км/ч на подъеме с максимальным уклоном  $h_{\max} = 10...14\%$ ; максимальная скорость самосвала – не менее 60 км/ч; количество ступеней ПКП – не менее 6; ряд передаточных чисел должен составлять геометрическую прогрессию с показателем  $q$  в пределах 1,40–1,45; на всех передачах, кроме первой и заднего хода, гидротрансформатор должен блокироваться; переключение передач – автоматическое с перекрытием характеристик моментов трения включаемого и выключаемого фрикционов смежных передач с целью обеспечения непрерывной передачи энергии от двигателя к ведущим колесам и исключения падения скорости самосвала при переключении передач в карьерных условиях, характеризуемых высокими значениями уклонов.

Определение передаточных чисел ПКП, обеспечивающих выдвигаемые технические требования, выполнялось на основе методики, изложенной в [1]. Необходимый диапазон передаточных чисел, согласно изложенным выше требованиям, должен быть не менее шести.

Кинематическая схема ПКП выбиралась на основе анализа существующих схем, используемых различными зарубежными фирмами на своих автомобилях. Принимались следующие критерии оценки анализируемых схем: возможность обеспечения требуемого ряда передаточных чисел ПКП; максимальные относительные отклонения соотношений между передаточными числами смежных передач от значения показателя средней плотности ряда передаточных чисел (не должны превышать 5 %); количество используемых в схеме трехзвенных дифференциальных механизмов (ТДМ) (при этом учитывается наличие ТДМ сложной структуры); количество фрикционных элементов управления переключением передач (среди них выделяется количество фрикционных муфт и тормозов); расчетные вращающие моменты, передаваемые фрикционами; относительные скорости фрикционов на всех передачах; относительные угловые скорости вращения сателлитов ТДМ.

Особое внимание при анализе уделялось возможности выполнения требования о получении геометрического ряда передаточных чисел с заданной точностью, т. к. это существенно важно для карьерного самосвала, поскольку позволяет в наиболее полной мере использовать мощность двигателя и обеспечить высокую производительность самосвала. Величины относительных скоростей фрикционов и сателлитов ТДМ оказывают существенное влияние на надежность и долговечность ПКП. Их значения при анализе и синтезе ПКП принято выражать в относительных величинах, вычисляемых по формулам:

$$\omega_{\phi} = \omega_{\phi.\text{отн}} / \omega_p; \quad (1)$$

$$\omega_g = \omega_{g.\text{отн}} / \omega_p, \quad (2)$$

где  $\omega_{\phi.\text{отн}}$  – относительная угловая скорость фрикционных дисков муфты или

тормоза системы управления ПКП, рад/с;  $\omega_\Phi$  – нормированная относительная скорость фрикционных элементов (безразмерная величина);  $\omega_{g.отн}$  – угловая скорость вращения сателлита ТДМ относительно водила, рад/с;  $\omega_g$  – нормированная относительная скорость сателлита (безразмерная величина);  $\omega_p$  – угловая скорость коленчатого вала двигателя при номинальной мощности, рад/с.

Значения  $\omega_{\Phi.отн}$  и  $\omega_{g.отн}$  вычисляются для номинального скоростного режима двигателя, т. е. при  $\omega_d = \omega_p$ .

Как показывает опыт проектирования ПКП, для получения шести ступеней используют кинематические схемы с тремя степенями свободы. Для включения любой ступени такой ПКП необходимо замкнуть два фрикциона, т. е. лишить систему двух степеней свободы. Требуемое количество ступеней в схеме с тремя степенями свободы получают различными способами. Один из них заключается в том, что принимается некоторая схема базовой коробки пере-

дач (БКП) с двумя степенями свободы, к которой добавляется схема дополнительной коробки передач также с двумя степенями свободы, т. е. используется модульный принцип проектирования. Сочетание БКП и дополнительной коробки передач дает требуемую кинематическую схему с тремя степенями свободы. Схему БКП выполняют с тремя ступенями переднего хода и одной ступенью заднего хода, а дополнительная коробка обеспечивает две ступени передаточных чисел. Количество ступеней в ПКП при этом равно произведению числа ступеней БКП и числа ступеней дополнительной коробки передач. Если дополнительная коробка расположена перед БКП по ходу передачи потока энергии, то ее называют делителем, а если после БКП – умножителем. Это наиболее простой способ синтеза кинематической схемы коробки передач, широко применяемый на практике [2].

На рис. 1 приведены примеры наиболее известных и широко применяемых кинематических схем ПКП интегрального типа, состоящих из БКП и делителя.

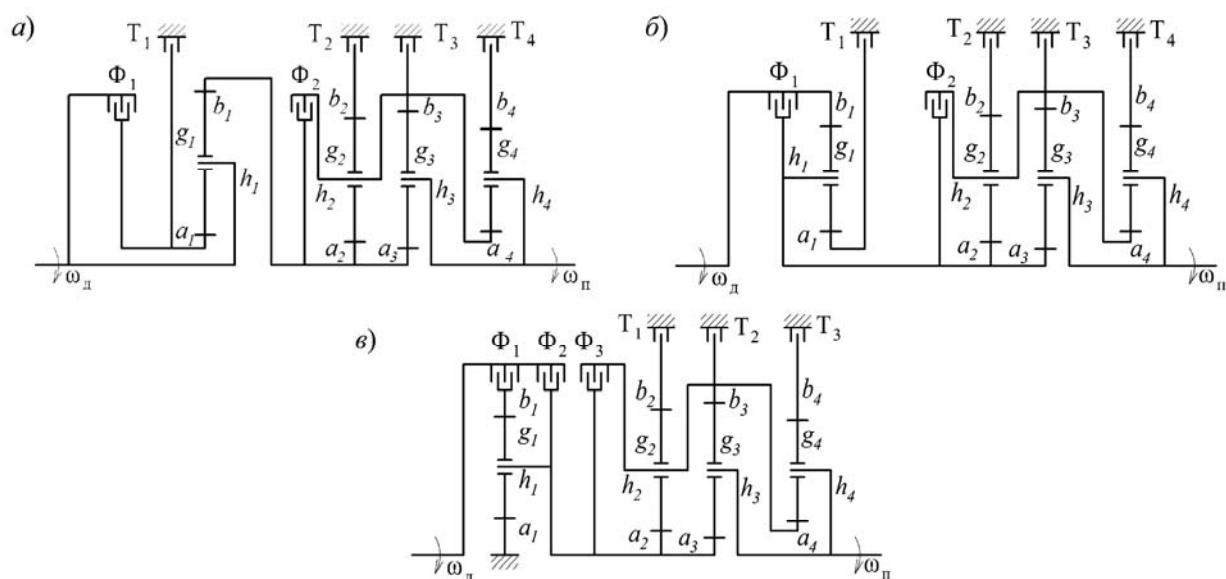


Рис. 1. Кинематические схемы ПКП интегрального типа

Представленная на рис. 1, а кинематическая схема принадлежит фирме «Эллисон» (Allison, США) – модель 9680. Эта же схема используется немецкой фирмой «Ренк» (Renk) на тяжелых грузовых автомобилях и танках. На бронетранспортере БТР М113 ХТ 200-2, выпускавшемся Харьковским тракторным заводом в 60...80-е гг. XX столетия, использовалась кинематическая схема, приведенная на рис. 1, б. На карьерных самосвалах фирмы «Катерпиллар» (Caterpillar, США) применяют ПКП, выполненную по кинематической схеме на рис. 1, в. Конструкция ПКП при использовании этой схемы получается сложнее, чем по двум предыдущим схемам, из-за большего количества вращающихся фрикционов.

На схемах приняты следующие обозначения элементов ТДМ:  $a_i$  и  $b_i$  – центральные зубчатые колеса наружного и внутреннего зацеплений соответственно;  $h_i$  – водило;  $g_i$  – сателлит. Фрикционные элементы управления ПКП имеют следующие обозначения:  $\Phi_j$  – фрикционная муфта;  $T_j$  – фрикционный тормоз. Фрикционная муфта вы-

полняется с вращающимся гидравлическим цилиндром, осуществляющим сжатие дисков при ее включении, а гидроцилиндр тормоза располагается в корпусе ПКП, следовательно, он неподвижен. Конструкция вращающейся фрикционной муфты значительно сложнее тормоза, что учитывалось при сравнительном анализе рассматриваемых кинематических схем.

Все приведенные на рис. 1 схемы используют одну и ту же кинематическую схему БКП, а различаются лишь схемами делителя. В состав делителя входит один ТДМ, обозначения звеньев которого  $a$ ,  $b$ ,  $h$ ,  $g$  имеют индекс 1, а БКП содержит три ряда ТДМ, звенья которых помечены индексами 2, 3 и 4. В схеме на рис. 1, а делитель имеет прямую ступень, включаемую фрикционом  $\Phi_1$ , и повышающую, получаемую включением фрикциона  $T_1$ . В схемах БТР и фирмы «Катерпиллар» (Caterpillar) первая ступень понижающая, а вторая – прямая. Комбинации включаемых фрикционов на различных ступенях отображены в табл. 1.

Табл. 1. Комбинации включаемых фрикционов на различных ступенях ПКП

| Модель ПКП         | Номер включаемой ступени |              |              |                 |                 |                 |              |
|--------------------|--------------------------|--------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|
|                    | 1                        | 2            | 3            | 4               | 5               | 6               | R            |
| Caterpillar        | $\Phi_1 T_2$             | $\Phi_2 T_2$ | $\Phi_1 T_1$ | $\Phi_2 T_1$    | $\Phi_1 \Phi_3$ | $\Phi_2 \Phi_3$ | $\Phi_1 T_3$ |
| Allison-9680, Renk | $\Phi_1 T_3$             | $T_1 T_3$    | $\Phi_1 T_2$ | $T_1 T_2$       | $\Phi_1 \Phi_2$ | $T_1 \Phi_2$    | $\Phi_1 T_4$ |
| БТР М113           | $T_1 T_3$                | $\Phi_1 T_3$ | $T_1 T_2$    | $\Phi_1 T_2$    | $\Phi_2 T_1$    | $\Phi_1 \Phi_2$ | $T_1 T_4$    |
| Allison WT-3060    | $\Phi_1 T_3$             | $\Phi_1 T_2$ | $\Phi_1 T_1$ | $\Phi_1 \Phi_2$ | $\Phi_2 T_1$    | $\Phi_2 T_2$    | $T_1 T_3$    |
| ZF 6HP 500         | $\Phi_1 T_4$             | $\Phi_1 T_3$ | $\Phi_1 T_2$ | $\Phi_1 T_1$    | $\Phi_1 \Phi_2$ | $T_1 \Phi_2$    | $\Phi_3 T_4$ |
| Патент США 4683776 | $\Phi_1 T_4$             | $\Phi_1 T_1$ | $\Phi_1 T_3$ | $\Phi_1 T_2$    | $\Phi_1 \Phi_2$ | $\Phi_2 T_2$    | $T_2 T_4$    |
| Allison-8000       | $\Phi_1 T_4$             | $\Phi_1 T_3$ | $\Phi_1 T_2$ | $T_1 T_2$       | $\Phi_1 \Phi_2$ | $T_1 \Phi_2$    | $\Phi_1 T_5$ |

Однако интегральные кинематические схемы, представители которых приведены на рис. 1, обладают существенным недостатком: при переключении передачи с одновременной сменой ступеней в БКП и в делителе необходимо синхронно управлять четырьмя фрикционами – процессами фрикционов включаемых ступеней в БКП и делителя и процессами фрикционов выключаемых ступеней этих механизмов. В ПКП с умножителем это происходит при смене диапазона передач, в частности, в шестиступенчатом варианте – при переключении  $3 \rightarrow 4$  и обратном переключении  $4 \rightarrow 3$ . В варианте же с делителем таких переключений в два раза больше:  $2 \rightarrow 3$ ;  $4 \rightarrow 5$ ;  $5 \rightarrow 4$  и  $3 \rightarrow 2$ , что видно из табл. 1.

Одновременное управление четырьмя фрикционами значительно усложняет алгоритм реализации переключения и не позволяет обеспечить высокое качество переходного процесса. В связи с этим многими фирмами осуществляются разработки кинематических схем ПКП, обеспечивающих переключение всех передач только одной парой фрикционов – один из них включает новую передачу, а второй выключает предыдущую. Примеры таких кинематических схем приведены на рис. 2. Отличительной их особенностью является передача энергии двумя параллельными потоками, вследствие чего их называют двухконтурными [4, 5]. Эти схемы также с тремя степенями свободы, поэтому для включения соответствующей ступени необходимо замкнуть два фрикциона.

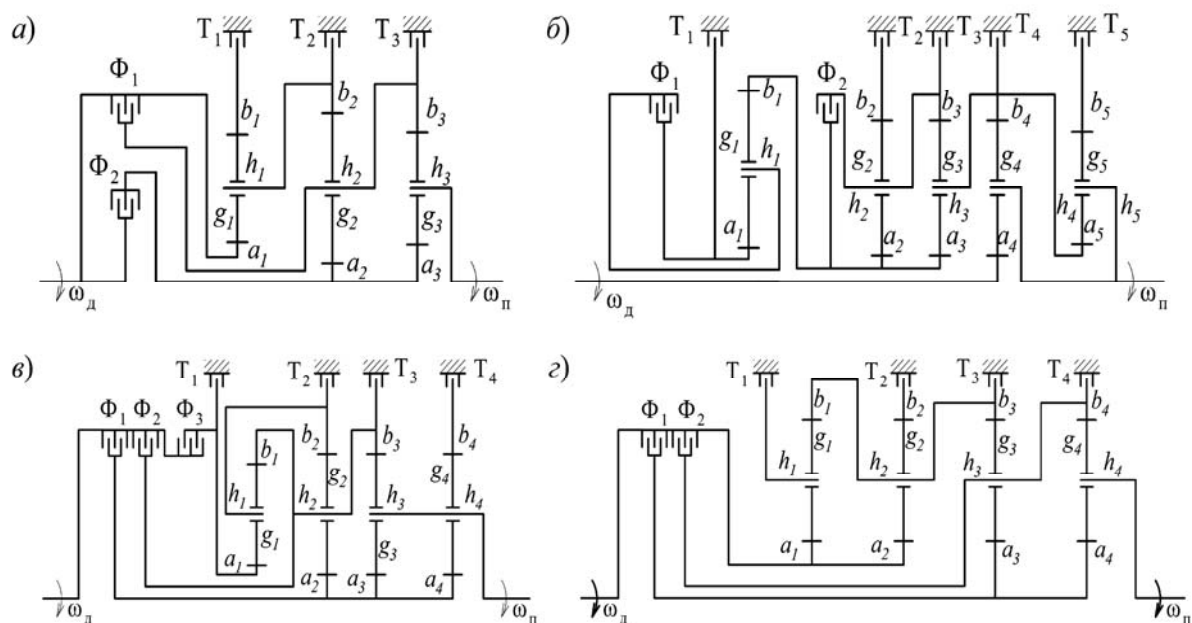


Рис. 2. Кинематические схемы двухконтурных ПКП

Особой привлекательностью пользуется схема фирмы «Allison», модель WT-3060, представленная на рис. 2, а. В этой схеме по сравнению с другими меньшее количество планетарных рядов (ТДМ) и удобное взаимное расположение фрикционных муфт  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$ , позво-

ляющих создать ПКП со значительно меньшим габаритным размером по длине, что очень важно для карьерных самосвалов, отличительной особенностью которых является стремление к сокращению колесной базы с целью повышения маневренности. Эта схема исполь-

зована при разработке конструкции ПКП на Минском заводе колесных тягачей [7, 8].

Кинематическая схема на рис. 2, в разработана немецкой фирмой ZF (модель 6НР 500). Она используется в конструкции ПКП, применяемой на городских автобусах и большегрузных автомобилях. Эта схема сложнее предыдущей. В ней большее количество ТДМ и вращающихся фрикционов (фрикционных муфт).

Особый интерес представляет кинематическая схема Allison-8000, представленная на рис. 2, б. Она разработана в 70-х гг. XX в. и широко применялась на различных машинах, в том числе на карьерных самосвалах. Ее модификация Н8610А некоторое время использовалась на самосвале БелАЗ-75570 г/п 90 т, до освоения собственной конструкции ПКП, которая была выполнена по схеме на рис. 1, б. Однако схема Allison-8000 содержит большее количество планетарных рядов по сравнению с другими ПКП (пять рядов), вследствие чего конструкция имеет больший габаритный размер по длине. Следует также отметить, что при переключении 4 → 5 в этой схеме приходится управлять четырьмя фрикционами.

Большое количество двухконтурных кинематических схем предлагается в патентах США, Германии и Японии. Одна из них, соответствующая патенту США № 4 683 776 от 27.02.1986 г., приведена на рис. 2, г, в которой также переключение всех передач осуществляется управлением одной пары фрикционов.

Все приведенные на рис. 1 и 2 кинематические схемы были подвергнуты анализу на основе изложенных выше критериев. Прежде всего выяснялась возможность выполнения требований по передаточным числам. При этом учитывались ограничения на относительные скорости фрикционов и сателлитов. Были приняты исходные значения параметров ПКП: диапазон передаточных чисел  $D_{к.п} = 6,0$ ; показатель

геометрической прогрессии  $q = 1,431$ .

Кинематические свойства ТДМ описываются уравнением [2, 4]

$$\omega_a - K\omega_b - (1 - K)\omega_h = 0, \quad (3)$$

где  $\omega_a$ ,  $\omega_b$  – угловые скорости центральных зубчатых колес, т. е. колес  $a$  и  $b$ ;  $\omega_h$  – угловая скорость водила;  $K$  – кинематический параметр ТДМ.

Кинематический параметр  $K$  – это передаточное число между центральными зубчатыми колесами  $a$  и  $b$  при остановленном водиле  $h$ , представляющее собой внутреннее передаточное число ТДМ:

$$K = \frac{\omega_a}{\omega_b} \bigg|_{\omega_h=0}. \quad (4)$$

Значение  $K$  вычисляется с учетом направлений угловых скоростей  $\omega_a$  и  $\omega_b$ , поэтому в зависимости от кинематической схемы ТДМ оно может быть как положительным, так и отрицательным. В простейшей схеме однорядного ТДМ, используемого во всех приведенных на рис. 1 и 2 схемах, значение  $K$  отрицательно.

Составив систему уравнений вида (3) для всех ТДМ и решив их совместно, учитывая связи между элементами всех рядов ТДМ, входящих в данную ПКП, определим значения  $\omega_f$  и  $\omega_g$  для всех фрикционов и сателлитов на всех передачах ПКП, а также передаточные числа  $u_{к.п.i}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , где  $n$  – количество ступеней ПКП, включая передачу реверса (в рассматриваемом случае  $n = 7$ ).

При анализе кинематики ПКП для получения нормированных значений  $\omega_f$  и  $\omega_g$  принимают угловую скорость на входе ПКП  $\omega_d = 1$ .

Для определения нормированных относительных скоростей сателлитов используется выражение

$$\omega_g = \pm (\omega_a - \omega_h) \frac{z_a}{z_g}, \quad (5)$$

где  $z_a$ ,  $z_g$  – числа зубьев центрального зубчатого колеса  $a$  и сателлита  $g$  соответственно.

Нормированные относительные скорости фрикционов определяются из выражения

$$\omega_{\phi} = \pm |\omega_{\phi.ш} - \omega_{\phi.м}|, \quad (6)$$

где  $\omega_{\phi.ш}$ ,  $\omega_{\phi.м}$  – нормированные значения угловых скоростей ведущих и ведомых дисков фрикционов соответственно.

Значения нормированных угловых скоростей  $\omega_{\phi}$  и  $\omega_g$  не должны превышать максимальных допускаемых значений  $\omega_{\phi\max} = 2,4 \dots 2,8$ ,  $\omega_{g\max} = 4,0 \dots 4,5$  без нагрузки и  $\omega_{g\max}^H = 2,5 \dots 2,9$  под нагрузкой [4–6].

Получаемое нормированное значение  $\omega_{\Pi}$  на выходе ПКП используется для вычисления передаточных чисел:

$$u_{\kappa.\Pi i} = \frac{\omega_D}{\omega_{\Pi i}}; \quad i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Рассмотрим полученные результаты выполненного анализа исследуемых кинематических схем. Вначале отметим, что кинематические схемы, представленные на рис. 1, позволяют получить требуемый геометрический ряд передаточных чисел ПКП при следующих значениях параметров  $K_i$ :  $K_1 = -2,320185$ ;  $K_2 = -2,047761$ ;  $K_3 = -3,193325$ ;  $K_4 = -1,830$ . Для кинематической схемы Allison-9680 при этих значениях  $K_i$  получен следующий ряд передаточных чисел ПКП: 4,193325; 2,930346; 2,047761; 1,431, 1,0; 0,698812.

Для выяснения возможности получения передаточных чисел, составляющих ряд геометрической прогрессии, в двухконтурных кинематических схемах, представленных на рис. 2, а, в,

з, осуществлялся подбор параметров  $K_i$ , обеспечивающих минимизацию отклонений получаемых величин передаточных чисел от желаемых значений. Погрешность оценивалась величиной относительного отклонения  $\Delta_k$  соотношений передаточных чисел смежных передач в процентах от показателя геометрической прогрессии  $q$ , вычисляемой по формуле

$$\Delta_k = \frac{q_k - q}{q} \cdot 100, \quad (8)$$

где  $q_k$  – соотношение передаточных чисел смежных ступеней;  $k$  – порядковый номер интервала между смежными ступенями.

Значение  $q_k$  для интервала между  $(i-1)$ -й и  $i$ -й передачами вычисляется по формуле

$$q_k = \frac{u_{\kappa.\Pi}(i-1)}{u_{\kappa.\Pi}(i)}. \quad (9)$$

На рис. 3 показаны графики, отображающие полученные значения относительных отклонений  $\Delta_k$  для схем Allison WT-3060 (линия 4), ZF 6HP 500 (линия 5) и Allison-8000 (линия 6). Очевидно, что эти кинематические схемы не позволяют получить геометрический ряд передаточных чисел.

Кроме того, рассмотренные двухконтурные кинематические схемы имеют значительно большие относительные скорости фрикционов и сателлитов. На рис. 4 показаны графики, отображающие величины модулей нормированных максимальных значений относительных скоростей фрикционов анализируемых кинематических схем на передачах переднего хода автомобиля, а на рис. 5 и 6 – аналогичные графики для модулей нормированных максимальных значений относительных скоростей сателлитов, причем, на рис. 5 – при работе ТДМ без нагрузки, а на рис. 6 – под нагрузкой при передаче потока энергии через ТДМ.

На рис. 3...6 приняты следующие обозначения графиков для анализируемых кинематических схем: 1 – Allison-9680; 2 – БТР М113; 3 – Caterpillar; 4 – Allison WT-3060; 5 – ZF 6HP 500; 6 – Allison-8000.

На основе результатов выполненного анализа рассмотренных кинематиче-

ских схем, принимая во внимание их преимущества и недостатки, руководством ОАО «Белорусский автомобильный завод» было принято решение применить для разработки конструкции планетарной коробки передач нового карьерного самосвала г/п 60 т кинематическую схему, представленную на рис. 1, а.

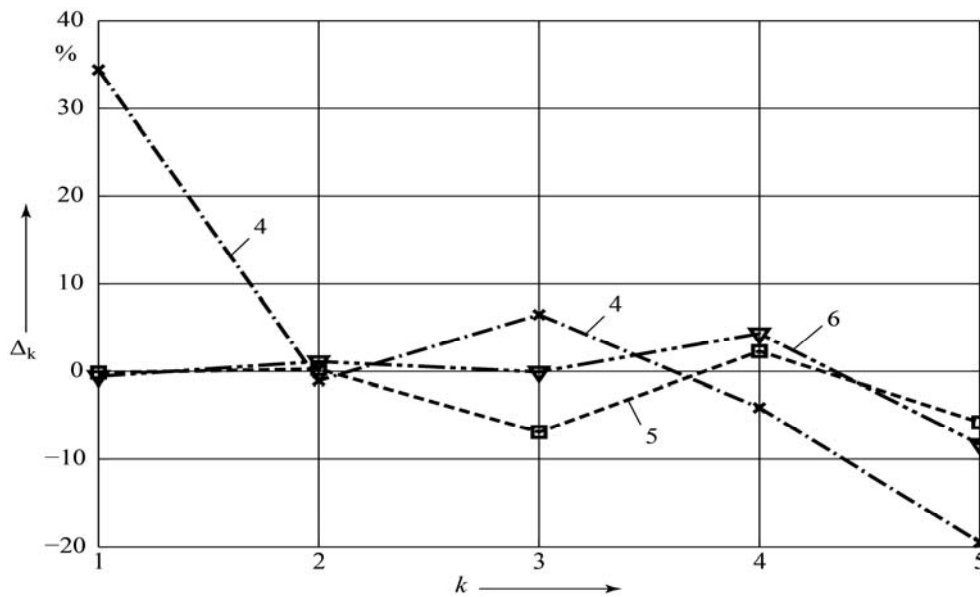


Рис. 3. Относительные отклонения соотношений передаточных чисел смежных передач от значения показателя геометрической прогрессии  $q$

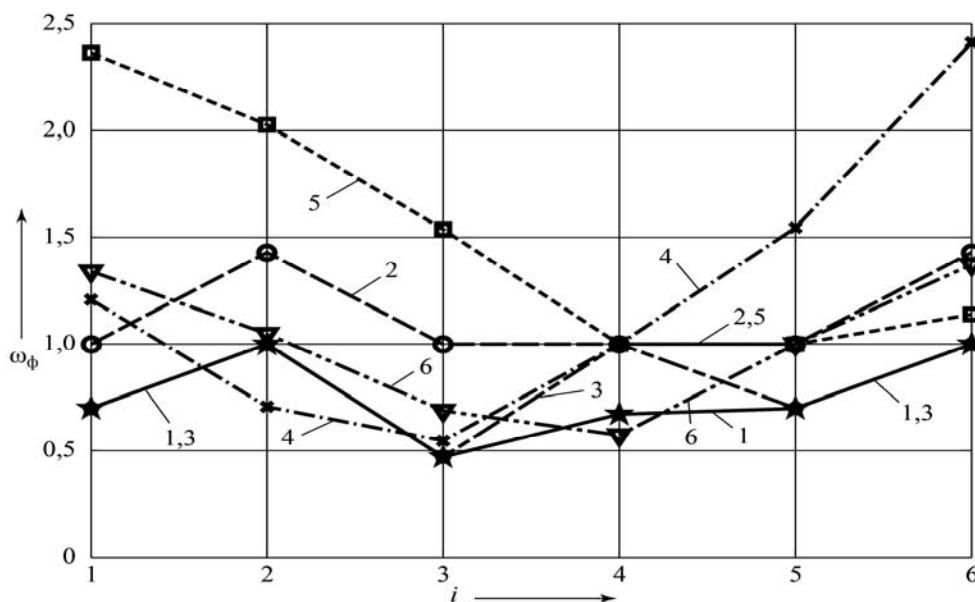


Рис. 4. Графики нормированных максимальных значений относительных скоростей фрикционов ПКП на передачах ( $i$  – номер передачи)



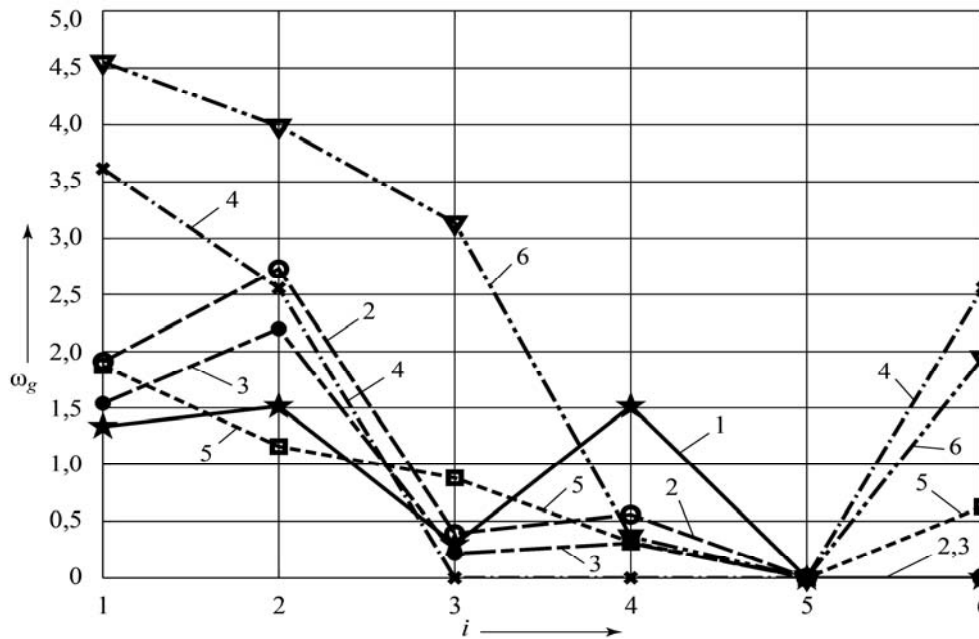


Рис. 5. Графики нормированных максимальных значений относительных скоростей спутников ТДМ, не передающих на данных передачах нагрузки

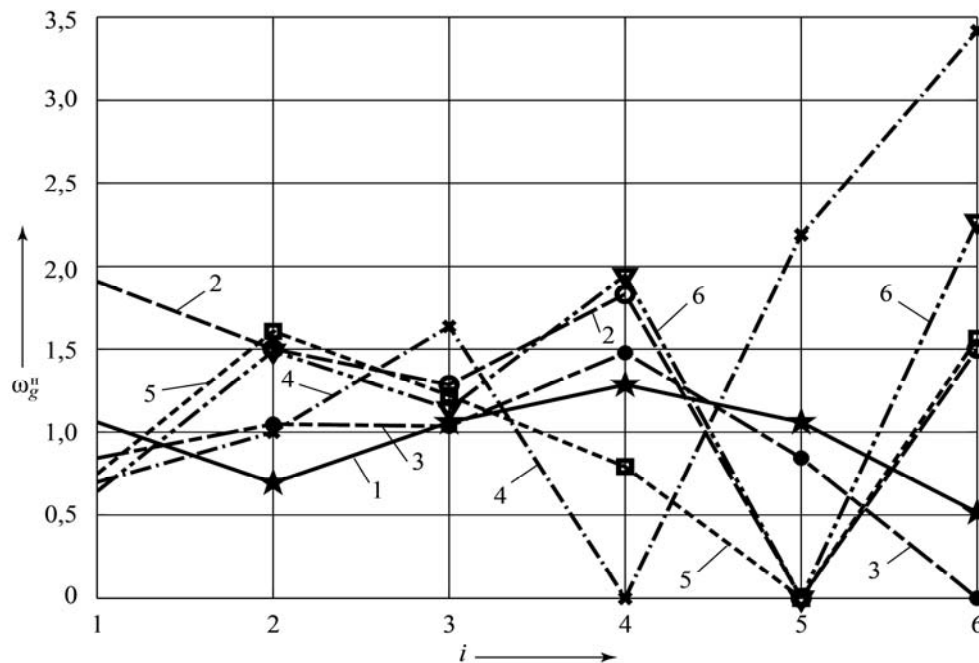


Рис. 6. Графики нормированных максимальных значений относительных скоростей спутников ТДМ, работающих на данных передачах под нагрузкой

После выбора количества зубьев всех шестерен ТДМ были получены следующие значения передаточных чисел:  $u_{к.п}(1) = 4,142857$ ;  $u_{к.п}(2) = 2,900$ ;

$u_{к.п}(3) = 2,039560$ ;  $u_{к.п}(4) = 1,427692$ ;  
 $u_{к.п}(5) = 1,0$ ;  $u_{к.п}(6) = 0,7$ ;  
 $u_{к.п}(R) = -4,752022$ . Диапазон передаточ-

ных чисел  $D_{к.п} = 5,918367$ ; показатель средней плотности ряда передаточных чисел  $q_{ср} = 1,429$ ; наибольшее отклонение от  $q_{ср}$ , составляющее величину  $\Delta_k = 0,490$  %, получено для интервала смежных ступеней  $2 \rightarrow 3$ . Из приведенных графиков видно, что данная кинематическая схема позволяет получить наименьшие значения относительных скоростей фрикционов и сателлитов по сравнению с другими схемами. Следовательно, она обеспечивает более высокую надежность.

Таким образом, выбранная кинематическая схема ПКП удовлетворяет большинству выдвинутых технических требований. Единственный недостаток данной кинематической схемы заклю-

чается в том, что переключение ряда передач требует одновременного управления четырьмя фрикционами, причем, число таких интервалов переключений от первой до высшей передачи равно трем. Управление фрикционами в этом случае требует особых алгоритмов для согласования циклограмм процессов изменения давлений в гидроцилиндрах включаемых и выключаемых фрикционов. Это возможно только на основе микропроцессорного управления. Система микропроцессорного управления создана [3]. Она построена на основе отечественных мехатронных компонентов, производство которых планируется начать с 2014 г. на предприятии ОАО «Измеритель» (г. Новополоцк).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тарасик, В. П. Теория движения автомобиля : учебник для вузов / В. П. Тарасик. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 478 с.
2. Диагностирование гидромеханических передач мобильных машин : монография / Н. Н. Горбатенко [и др.] ; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. В. П. Тарасика. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – 511 с.
3. Тарасик, В. П. Мехатронная система автоматического управления гидромеханической передачей карьерных самосвалов БелАЗ / В. П. Тарасик, Н. Н. Горбатенко, Р. В. Плякин // Грузовик. – 2011. – № 2. – С. 2–11.
4. Проектирование трансмиссий автомобилей : справочник / А. И. Гришкевич [и др.] ; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. А. И. Гришкевича. – М. : Машиностроение, 1984. – 272 с.
5. Альгин, В. Б. Динамика, надежность и ресурсное проектирование трансмиссий мобильных машин : монография / В. Б. Альгин. – Минск : Наука и техника, 1995. – 256 с.
6. Тарасик, В. П. Фрикционные муфты автомобильных гидромеханических передач : монография / В. П. Тарасик. – Минск : Наука и техника, 1973. – 320 с.
7. Николаев, Ю. И. Перспективное семейство гидромеханических передач / Ю. И. Николаев, В. С. Гринюк, С. Г. Стаскевич // Автомобильная промышленность. – 2007. – № 4. – С. 10–12.
8. Принципы построения типоразмерного ряда гидромеханических передач внедорожных машин и шасси / Ю. И. Николаев [и др.] // Грузовик. – 2008. – № 9. – С. 2–6.

*Статья сдана в редакцию 28 июня 2013 года*

**Владимир Петрович Тарасик**, д-р техн. наук, проф., Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-25-36-45. E-mail: avto@bru.mogilev.by.

**Виктор Сергеевич Савицкий**, аспирант, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-47-72-67. E-mail: avto@bru.mogilev.by.

**Vladimir Petrovich Tarasik**, DSc (Engineering), Prof., Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-25-36-45. E-mail: avto@bru.mogilev.by.

**Viktor Sergeyevich Savitsky**, PhD student, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-47-72-67. E-mail: avto@bru.mogilev.by.

## ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 531.754:534.6 6 534:08:534.22:681.2.083

*А. А. Симоненко, Е. З. Коварская*

### К ВОПРОСУ О ТАМОЖЕННОМ КОНТРОЛЕ ПЛОТНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ

UDC 531.754:534.6 6 534:08:534.22:681.2.083

*A. A. Simonenko, E. Z. Kovarskaya*

### ON THE ISSUE OF CUSTOMS CONTROL OF WOOD DENSITY

#### Аннотация

Приводится описание методик, разработанных в результате научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по заказу Федеральной таможенной службы (ФТС) России. Главное назначение подобных методик – это усовершенствование, ускорение и облегчение работ по выполнению контрольных функций в ходе проведения таможенных операций.

#### Ключевые слова:

таможенный контроль, плотность древесины, акустический контроль, низкочастотные ультразвуковые измерения.

#### Abstract

The paper is devoted to the methods developed as a result of the research and development work commissioned by the Federal Customs Service of Russia. The main purpose of the development of these methods is improvement, acceleration and facilitation of the control functions in customs operations.

#### Key words:

customs control, wood density, acoustic control, low-frequency ultrasonic measurements.

С территории Российской Федерации (РФ) ежегодно экспортируются большие объёмы древесины. Древесину потребляют все отрасли народного хозяйства – она легка, прочна и имеет способность без разрушения поглощать энергию при ударных нагрузках, гасить вибрации, а также обладает хорошими теплоизоляционными свойствами [1].

Возникновение Таможенного союза и вступление во Всемирную торговую организацию (ВТО) сопровождаются изменениями в законодательстве РФ, пересмотром вывозных таможен-

ных пошлин, введением новой системы тарифных квот и экспортных лицензий на необработанную древесину. Это отражается на количестве перемещаемых через таможенные посты лесоматериалов, и при этом значительно сокращаются нормы времени на их оформление. Большая территория страны затрудняет организацию единообразных условий для проверки грузов на соответствие заявленных в документах данных. Должностные лица ФТС часто сталкиваются с различными вариациями размещения объектов контроля на транс-

портных средствах, используемых для перевозки древесины. По факту к досмотру (осмотру) предоставляется перевозимая автомобильным и железнодорожным транспортом, морскими и речными судами древесина разной обработки, упаковки и укладки. Это сказывается на времени оформления грузов. В связи с ужесточением условий вывоза круглого леса в некоторых регионах экспортеры переориентировались на вывоз пиломатериалов, тем самым упростив осуществление таможенного контроля их объемов. В то же время тенденция увеличения экспорта обработанной древесины затрудняет контроль над достоверным декларированием наименований её пород. Пересмотр подхода к оформлению грузов, усовершенствование таможенного контроля и сокращение общего количества таможенных постов, через которые допускается экспорт древесины, позволяют анализировать, регулировать и контролировать основные потоки лесоматериалов.

В настоящее время на рынке древесного сырья возникала необходимость в исследовании количества и показателей качества древесины. Несоблюдение правила «срубил одно дерево, посади десять саженцев» привело к неравномерному, а в некоторых местах к критичному истощению запасов древесины. Введение норм расхода древесного сырья, необходимость рационального использования древесины и совершенствование методов ее учета становятся актуальными у работников лесной индустрии. При решении вопросов с воспроизводством и переработкой древесного сырья необходимо получение точных данных о свойствах древесины в условиях ограниченного времени. К основным качественным характеристикам древесины относится ее плотность. Одним из важнейших достоинств плотности как показателя качества древесины является ее универсальность, на основе которой можно рассчитать содержание сухого вещества в древесном сырье и определить, в частности, весовую про-

дуктивность древостоев, являющуюся более важным показателем, чем объемная производительность. Влияние плотности на многие физические свойства древесины дает представление о ее механических свойствах, что можно использовать для прочностной сортировки пиломатериалов. Плотность можно использовать для прогнозирования свойств бумаги и древесно-стружечных плит, также она влияет на качество многих продуктов, получаемых из древесины. Плотность древесного сырья определяет важнейший экономический показатель – выход целлюлозы [2].

Разработано несколько десятков методов определения плотности древесины (включая их модификации). Выбор метода зависит от многих факторов: вида определяемой плотности, возможности изготовления образцов правильной формы, размеров образцов, имеющегося лабораторного оборудования, объема производимого анализа. Существуют методы определения плотности, реализуемые стереометрическим способом, способом вытеснения воды, способом гидростатического взвешивания и др. Методы с применением рентгеновского и  $\beta$ -излучения более точны, но трудоемки и дороги [2]. Обзор и анализ существующих методов показал, что в основном плотность древесины определяют по ГОСТ 16483.1-84 *Древесина. Метод определения плотности* на образцах, имеющих форму четырехгранной прямоугольной призмы с основанием 20×20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм, грани которой гладко остроганы. Этот метод трудоемок, требует тщательного отбора образцов и занимает достаточно много времени.

При экспорте лесоматериалов для нужд целлюлозно-бумажной промышленности и других целей в документах на груз указывается значение основных параметров древесины, в том числе значение ее плотности. В таких случаях актуальным является вопрос проведения оперативного контроля заявленных по-

казателей. В связи с этим ведутся работы по усовершенствованию таможенных операций и оснащению подразделений ФТС новыми техническими средствами, позволяющими объективно оценивать параметры древесины при таможенном контроле. Вопросы усовершенствования контроля пород и объема древесины актуальны уже не один десяток лет. Им уделяется пристальное внимание и сегодня. В целях упрощения таможенного контроля ФТС инициирует разработку методик и технических средств, которые бы позволяли ускорить процесс оформления, повысить точность измерений и автоматизировать операции.

Разработка методик измерений, а также создание универсальных технических средств, реализующих методы контроля товаров и их точную классификацию по товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности Таможенного союза (ТН ВЭД ТС) в условиях осуществления таможенных операций, является одной из основных задач научно-исследовательских работ. Так, наряду с разработкой технических средств таможенного контроля, позволяющих осуществлять контроль пород, объемов штабелей и влажности древесины, ведутся научно-исследовательские работы по разработке экспресс-методик определения плотности на натурных объектах контроля. По итогам работ, выполненных специалистами ЗАО НПЦ ИТТ и ООО «ЗВУК» с участием аспиранта, аттестованы методики определения плотности древесины с применением косвенных методов – низкочастотного ультразвукового метода и низкочастотного акустического метода свободных колебаний. В результате экспериментальных исследований была установлена корреляционная связь между плотностью  $\rho$  древесины и скоростью распространения ультразвуковых колебаний, а также между плотностью древесины и приведенной скоростью распространения акустических волн  $C_l$

для некоторых пород древесины в широком диапазоне влажности, наиболее часто предъявляемых к таможенному контролю.

При использовании импульсного ультразвукового метода производится измерение времени прохождения импульсом ультразвуковых колебаний (УЗК) расстояния между излучателем и приемником и определение скорости распространения продольных упругих колебаний в сплошной среде  $C_\infty$ , м/с, которая связана с константами упругости материала выражением

$$C_\infty = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}, \quad (1)$$

где  $E$  – модуль нормальной упругости, Н/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

Приведенное выражение справедливо для изотропного материала, но может быть также использовано для оценки действующих (эффективных) модулей материалов с анизотропией свойств.

С помощью этого метода возможно производить локально-интегральную оценку равномерности распределения свойств по образцам, а также оценку степени анизотропии свойств, что с учетом специфики контролируемого материала может нести дополнительную информацию о стабильности свойств и качестве лесо- и пиломатериалов.

Как контролируемые характеристики могут быть использованы величины  $C_{\perp\infty}$  (перпендикулярно волокнам) и  $C_{\parallel\infty}$  (вдоль волокон), при этом наиболее чувствительна к изменению структуры величина  $C_{\perp\infty}$ . Однако с учетом анизотропии свойств и существенной неоднородности лесоматериалов для достоверной оценки следует проводить усреднение при достаточно большом количестве измерений по длине и окружности.

В ходе работ использовалась стандартная схема измерения на основе уг-

лового прозвучивания с расположением преобразователей в соответствии с рис. 1.

Угловое прозвучивание позволяет вести измерения в реальных условиях

складирования при доступе с торца и к цилиндрической поверхности (для лесоматериалов) либо с торца и одной стороны бруса или доски.

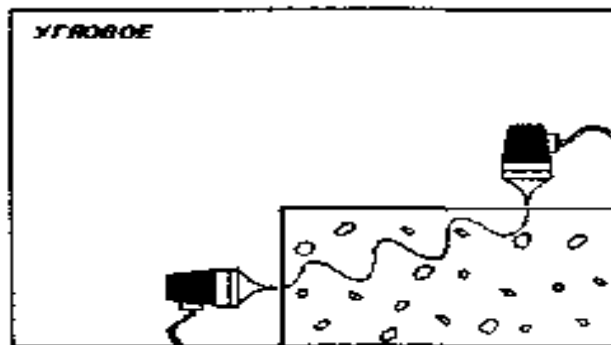


Рис. 1. Расположение преобразователей измерителя скорости УЗК относительно образца при угловом способе прозвучивания

Анализ существующих, используемых и перспективных методов и средств для определения плотности древесины показал, что плотность коры исследована гораздо меньше. Данные разные, и их сравнение со средней плотностью древесины при стандартной влажности показывает, что плотность коры сосны на 30...35 % больше, чем древесины, ели – на 60...65 %, березы – на 15...20 %. В связи с этим при установлении градуировочной зависимости между плотностью древесины и временем распространения ультразвука на круглых неокоренных лесоматериалах измерения осуществляются на участках без коры, а если такая возможность отсутствует, то предварительно производится очистка участков поверхности ствола.

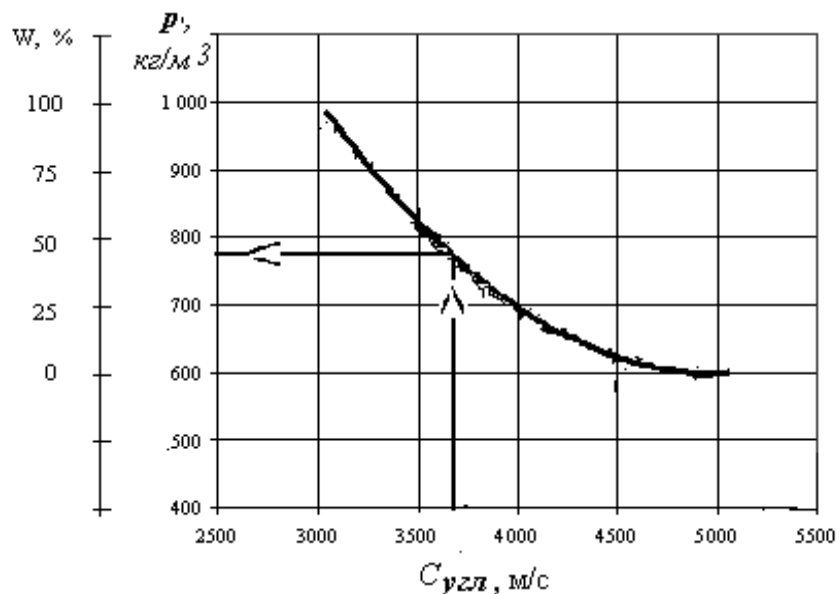
Определение плотности образца производится при помощи градуировочной зависимости  $\rho-C_\infty$  по результатам измерения времени распространения УЗК  $t$  и расстояния между преобразователями (базы  $Lt$ ) и расчета скорости  $C_{узл\infty}$  для соответствующей породы древесины с учетом результатов измерения влажности (рис. 2).

Общий вид корреляционного уравнения для определенного интервала влажности предоставляется следующим образом:

$$\rho = a_n \cdot C_{узл\infty} + b_n. \quad (2)$$

По вышеуказанному способу определения плотности древесины получен патент № 2449265 «Способ и устройство определения плотности древесины».

Наиболее интересным с точки зрения оперативности и простоты применения выступает метод определения плотности древесины по результатам измерений частот собственных колебаний. Метод основывается на наличии корреляционной связи между плотностью и приведенной скоростью распространения акустических волн  $C_1$  (определение  $C_1$  по ГОСТ 25961 и ГОСТ Р 52710). Корреляционная связь (градуировочная зависимость)  $\rho-C_1$  устанавливается предварительно, на основании экспериментальных данных для каждого вида древесины в определенном диапазоне значений массовой доли влаги  $W$ .

Рис. 2. Вид градуировочной зависимости « $\rho$ – $C_{ул\infty}$ »

Параметр  $C_1$  является физически усредненной интегральной оценкой физико-механических свойств материала, связанной с различными свойствами материала, как исходными, определяемыми способом его получения (в случае лесоматериалов – природными), так и эксплуатационными.

Определение  $C_1$  низкочастотным акустическим методом основано на связи частот собственных колебаний изделий со скоростью распространения акустических волн в материале, из которого они изготовлены [3].

Известно, что в общем виде такая взаимосвязь может быть описана следующей формулой:

$$f_i = F_i \cdot C_1, \quad (3)$$

где  $f_i$  – частота собственных колебаний (ЧСК) определенного вида  $i$ , Гц;  $F_i$  – коэффициент формы, зависящий от формы и размеров изделий, коэффициента Пуассона, а также от вида колебаний, 1/м;  $C_1$  – скорость распространения упругих колебаний в бесконечно длинном стержне, изготовленном из такого же материала, что и материал контроли-

руемого изделия, м/с,  $C_1 = \sqrt{E/\rho}$ ;  $E$  – модуль Юнга, Н/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – плотность материала изделия, кг/м<sup>3</sup>.

Метод измерений ЧСК  $f_i$  основан на возбуждении свободных колебаний в контролируемом изделии с помощью удара с последующим выделением отдельных составляющих спектра частот собственных колебаний [4].

Для изделий в виде длинных стержней, как правило, подлежат измерению частоты продольных  $f_{пр}$  или изгибных  $f_{изг}$  колебаний.

Для измерений используются только две нижние частоты продольных колебаний  $f_{пр1}$  и  $f_{пр2}$ , для которых значение коэффициента формы в формуле (3) определяется следующими выражениями:

$$F_{пр1} = \frac{1}{2L}; \quad (4)$$

$$F_{пр2} = \frac{1}{L}, \quad (5)$$

где  $L$  – длина изделия, м.

Характер движения отдельных точек длинного стержня при продольных колебаниях на основной частоте  $f_{пр1}$  и

второй гармонике  $f_{np2}$  схематически показан на рис. 3 а, б.

Определение приведенной скорости распространения акустических волн

$C_1$  производится путем расчета по формуле (3) с учетом формы, геометрических размеров изделия и выбранного рабочего типа колебаний.

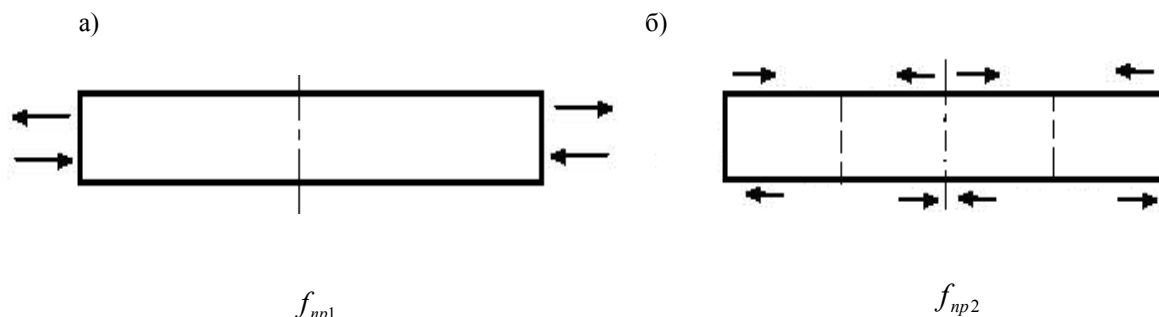


Рис. 3. Характер движения отдельных точек при продольных колебаниях длинного стержня (пунктиром и штрих-пунктиром показаны узловые линии данного типа колебаний)

Определение плотности образца производится при помощи градуировочной зависимости  $\rho-C_1$  по результатам измерения ЧСК и расчета скорости  $C_1$  для соответствующей породы древесины с учетом результатов измерения влажности.

### Заключение

Полученные градуировочные зависимости представляют собой кусочно-линейные зависимости, построенные на основании обработки и корреляционного анализа статистических данных по определению плотности и акустических характеристик образцов древесины. Кусочный характер зависимости связан с различным характером изменения свойств древесины в процессе хранения и сушки и условно соответствует сырой древесине (лесоматериалам), имеющей влажность от 100 до 30 %, и высушенной древесине (пиломатериалам) с влажностью менее 30 %.

При определении корреляции как объект контроля были отобраны круглые лесоматериалы (бревна, окоренные и неокоренные), а также пиломатериалы (брус и доска) длиной до 12 м с размерами и характеристиками по нормативной документации, утвержденной в установленном порядке, в том числе с массовой долей влаги от 5 до 100 % и плотностью от 550 до 1130 кг/м<sup>3</sup>. При этом в рамках экспериментальных работ были установлены градуировочные зависимости для таких пород древесины, как береза, ель, ольха, сосна, произрастающие в Северо-Западном регионе России, ель сибирская, сосна кедровая, пихта сибирская, произрастающие в Сибирском регионе и др. Полученные градуировочные зависимости могут быть откорректированы по мере накопления статистических данных при освоении методик измерения.



#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Уголев, Б. Н.** Древесиноведение и лесное товароведение : учебник для студентов среднего профессионального образования / Б. Н. Уголев. – 4-е изд., стер. – М. : Академия, 2011. – 272 с.
2. **Полубояринов, О. И.** Плотность древесины / О. И. Полубояринов. – М. : Лесная промышленность, 1976. – 160 с.
3. **Московенко, И. Б.** Метод свободных колебаний – самый древний метод акустического контроля / И. Б. Московенко // В мире неразрушающего контроля. – 1998. – № 2. – С. 10–13.
4. **Коварская, Е. З.** Опыт промышленного использования акустического метода оценки физико-механических свойств изделий по частотам собственных колебаний / Е. З. Коварская, И. Б. Московенко // Дефектоскопия. – 1991. – № 6. – С. 9–15.

*Статья сдана в редакцию 6 мая 2013 года*

**Антон Анатольевич Симоненко**, аспирант, Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Тел.: 812-328-85-39. E-mail: asnitmon@mail.ru;

**Елена Зеликовна Коварская**, заместитель генерального директора, ООО «ЗВУК». Тел.: 812-295-22-31. Тел./факс: 812-596-34-02. E-mail: info@ndtest.ru.

**Anton Anatolyevich Simonenko**, PhDstudent, National Mineral Resources University. Tel.: 812-328-85-39. E-mail: asnitmon@mail.ru;

**Elena Zelikovna Kovarskaya**, Deputy General Director, ООО «ZVUK». Tel.: 812-295-22-31. Tel./fax: 812-596-34-02. E-mail: info@ndtest.ru

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

УДК 62-83:621

*А. С. Коваль, А. В. Шваяков, Е. В. Ефименко*

### О РЕАЛИЗАЦИИ УПРАВЛЯЕМОГО В ФУНКЦИИ ТОРМОЗНОГО ПУТИ ТОРМОЖЕНИЯ В МАССОВЫХ ЛИФТАХ

UDC 62-83:621

*A. S. Koval, A. V. Shvayakov, Y. V. Yefimenko*

### ON IMPLEMENTATION OF MASS-PRODUCED ELEVATORS BRAKING CONTROLLED IN THE FUNCTION OF BRAKING DISTANCE

#### Аннотация

Рассматриваются вопросы управляемого в функции пути торможения в массовых лифтах. Представлены результаты моделирования работы блока, формирующего тахограмму скорости торможения кабины лифта в зависимости от оставшегося пути до этажа останова. Приведены графические зависимости, подтверждающие работоспособность предлагаемого алгоритма торможения в составе упрощённой модели электропривода лифта. Показано, что реальные характеристики механической подсистемы лифта, в частности, упругий характер кинематических звеньев, приводят к колебаниям скорости и пути, проходимого кабиной лифта при управляемом торможении, что требует разработки рациональной структуры САУ электропривода лифта.

#### Ключевые слова:

частотно-регулируемый электропривод, энергосбережение, лифт, управляемое торможение.

#### Abstract

The paper deals with the issues of braking in mass-produced elevators, which is controlled in the function of a braking distance. It presents the results of modeling the operation of a unit forming the tachogram of a braking rate of an elevator cage in regard to the remaining distance to the stop floor. Graphical dependences are given, which confirm the efficiency of the proposed algorithm of braking in the simplified model of an elevator electric drive. It is shown that actual characteristics of the mechanical subsystem of an elevator, and in particular, the elastic nature of kinematic links, result in fluctuations in the velocity and the path traversed by an elevator cage during controlled braking, which requires the development of a rational structure of ACS for the elevator electric drive.

#### Key words:

VFD, energy saving, elevator, controlled braking.

#### Введение

В настоящее время большинство массовых канатных лифтов, используемых и в Беларуси, и в странах СНГ, со скоростью движения больше 1 м/с имеют нерегулируемый редукторный электропривод с двухскоростным асинхрон-

ным двигателем. В этих лифтах точная остановка кабины на уровне этажа осуществляется торможением электромеханическим тормозом с пониженной скорости [1].

Регулируемый электропривод в массовых лифтах позволяет отказаться от остановки за счет предварительного

снижения скорости и осуществить процесс управляемого торможения в функции оставшегося до этажа останова тормозного пути [2].

В настоящее время становится востребованной в Беларуси и СНГ разработка лифтов на переменном токе со скоростью движения до 4,5 м/с, в том числе и с безредукторной лебедкой, к которой предъявляются более высокие требования по комфортности. Помимо этого, актуальна и реализация управ-

ляемого торможения в функции оставшегося до этажа останова пути.

Для реализации электроприводом управляемого торможения в функции пути торможения в составе электропривода должно быть устройство, определяющее путь торможения и реализующее функциональную зависимость изменения скорости кабины лифта в процессе торможения в зависимости от оставшегося до останова пути торможения (рис. 1) [3].

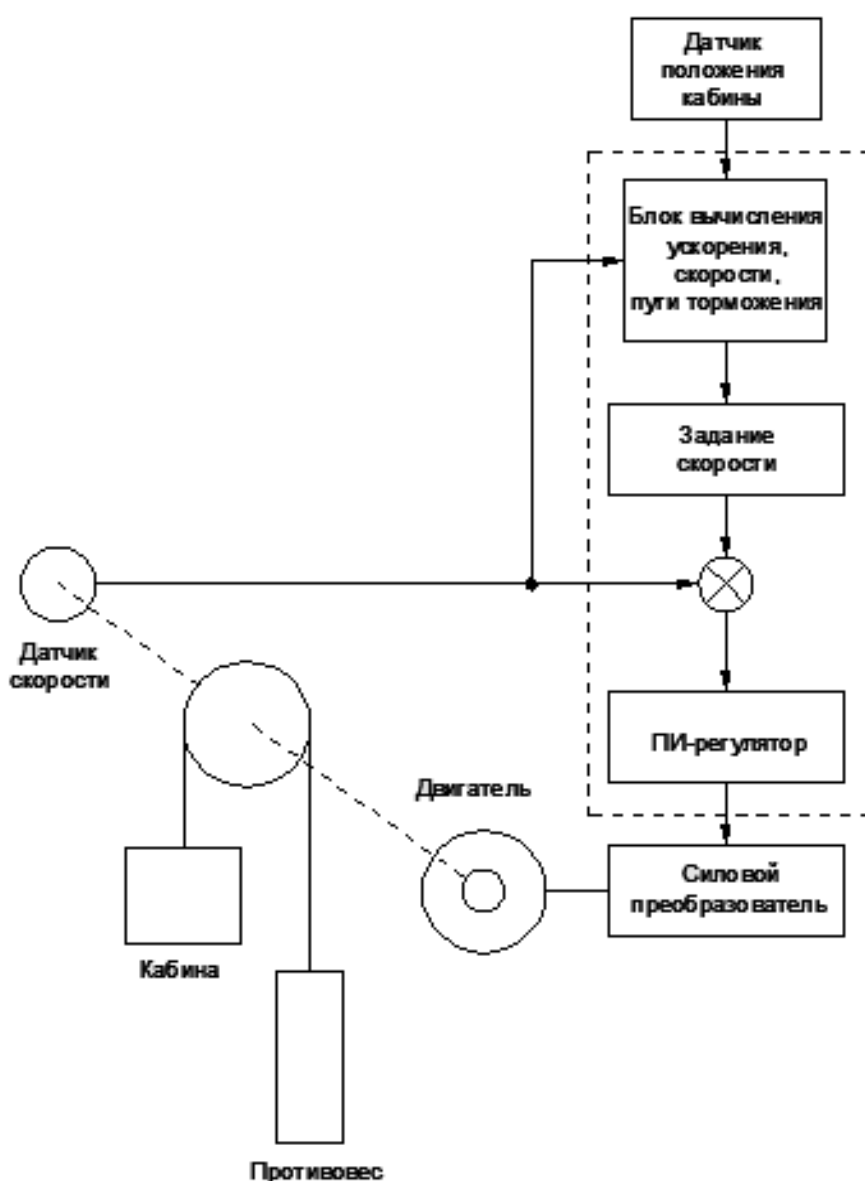


Рис. 1. Схема частотно-регулируемого привода лифта с вычислением сигнала задания на скорость при торможении

Вычисление скорости лифта в процессе торможения может происходить следующим образом.

Исходя из оставшегося до места останова расстояния (определяется на основе интегрирования сигнала датчика скорости двигателя главного привода), вычисляется необходимое ускорение, с которым возможно торможение на оставшемся тормозном пути.

Если это ускорение превышает допустимое по условиям работы лифта, то торможение идет с допустимым ускорением. Когда оставшийся путь позволяет тормозиться с ускорением меньше допустимого, то начинается коррекция задания скорости торможения до определения окончательного участка, на котором при рассчитанном постоянном ускорении скорость кабины лифта не станет равной 0 в точке останова.

Блок-схема и алгоритм работы ещё одного варианта устройства определения скорости торможения в зави-

симости от пути торможения в составе электропривода (см. рис. 1) выступают предметом патентования.

Целью исследования является моделирование работы предлагаемого устройства задания скорости торможения в составе электропривода лифта.

### **Моделирование предлагаемого устройства задания скорости торможения в составе электропривода**

Упрощённая структурная схема электропривода лифта (рис. 2) для проверки работоспособности предлагаемого блока формирования скорости привода в зависимости от пути торможения, реализованная в среде MATLAB, представлена на рис. 2. Следует отметить, что не учтены нелинейности и упругий характер кинематических звеньев в механической подсистеме привода лифта.

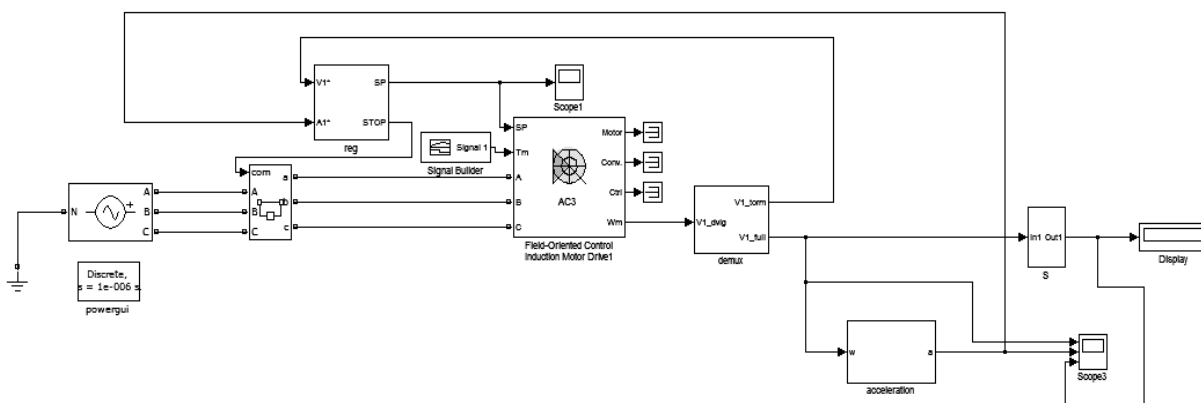


Рис. 2. Структурная схема электропривода

В качестве регулируемого электропривода выбран блок Field-Oriented Control Induction Motor Drive из библиотеки SimPowerSistem.

Блок Reg реализует алгоритм, позволяющий регулировать скорость кабины лифта в процессе торможения в зависимости от оставшегося до останова пути. Блок Signal 3 представляет модель

нагрузки на валу электродвигателя при работе лифта, блок Speed Reducer – модель редуктора.

Для измерения ускорения привода был разработан блок Acceleration, модель которого представлена на рис. 3. С помощью блока рассчитывается ускорение в конце каждого шага интегриро-

вания:  $\frac{v_i - v_{i-1}}{T}$ , где  $T$  – период дискретизации;  $v_i$  – скорость на текущем расчётном шаге;  $v_{i-1}$  – скорость на предыду-

щем расчётном шаге.

Параметры двигателя, используемые при моделировании, приведены в табл. 1.

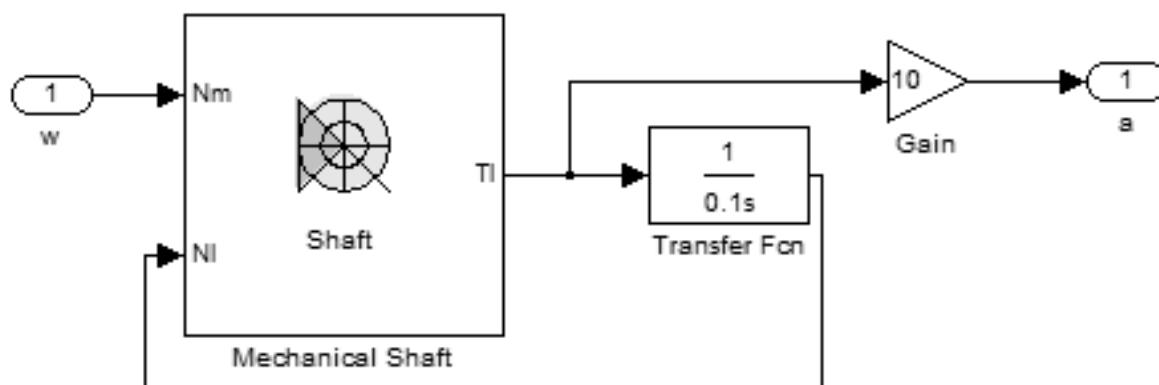


Рис. 3. Блок измерения ускорения Acceleration

Табл. 1. Параметры двигателя

|        |       |
|--------|-------|
| P, кВт | 4     |
| Uс, В  | 380   |
| fс, Гц | 50    |
| J, кгм | 0,131 |
| p      | 2     |
| R1, Ом | 1,405 |
| R2, Ом | 1,395 |
| L1, Гн | 0,006 |
| L2, Гн | 0,006 |
| Lm, Гн | 0,172 |

На рис. 4 и 5 представлены результаты моделирования процесса управляемого торможения в приводе (см. рис. 1) с предлагаемым блоком управления торможением.

Модель блока, формирующего тахограммы торможения в зависимости от тормозного пути, может являться основой для разработки блока задания тахограммы перемещения в регулируемых электроприводах массовых

лифтов (скорость перемещения до 2 м/с) с управляемым процессом торможения в функции пути, проходимого кабиной лифта до останова.

Упрощённая модель электропривода лифта с предлагаемым блоком формирования и учётом упругого характера кинематических звеньев в механической подсистеме привода лифта приведена на рис. 6.

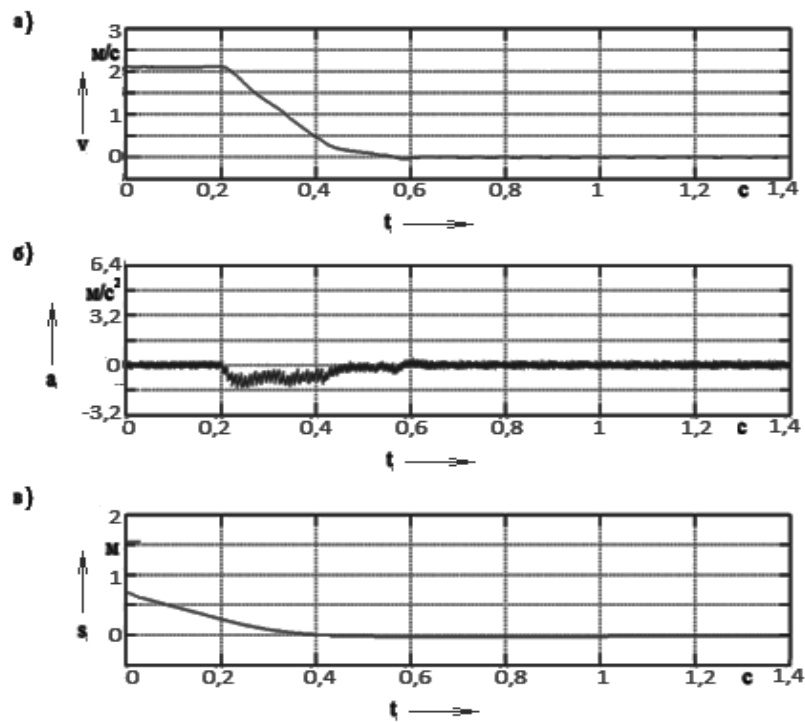


Рис. 4. Графики изменения скорости, ускорения и пути при допустимом ускорении  $1,5 \text{ м/с}^2$  и тормозном пути  $0,25 \text{ м}$ , точность останова  $0,03 \text{ м}$ : а – скорость при торможении; б – ускорение при торможении; в – путь, проходимый при торможении

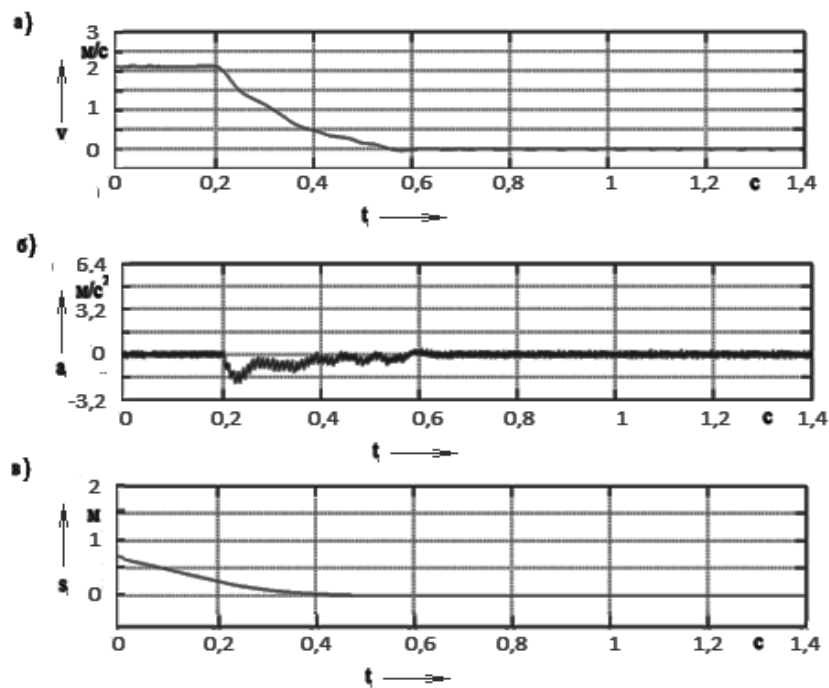


Рис. 5. Графики изменения скорости, ускорения и пути при допустимом ускорении  $2 \text{ м/с}^2$  и тормозном пути  $0,25 \text{ м}$ , точность останова  $0,03 \text{ м}$ : а – скорость при торможении; б – ускорение при торможении; в – путь, проходимый при торможении

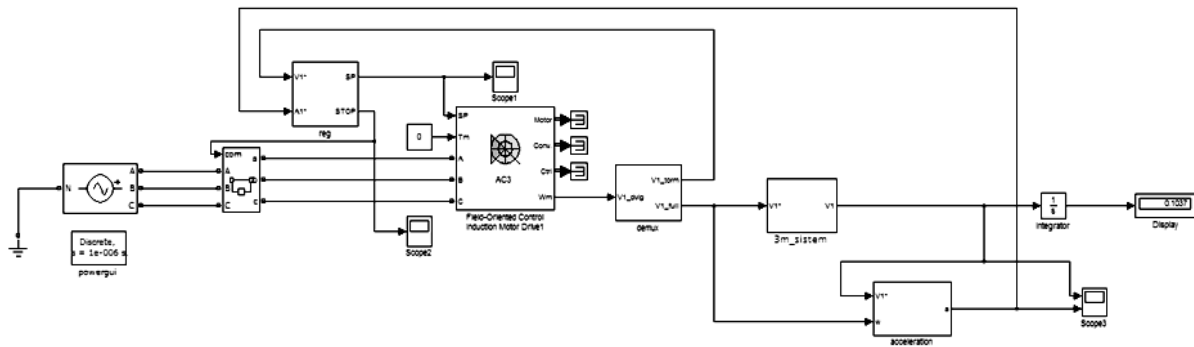


Рис. 6. Модель электропривода с учётом упругости в механической подсистеме лифта

В данном случае упругости в механической подсистеме привода лифта моделируются блоком 3m\_system, пред-

ставленным на рис. 7 [4]. Параметры механической подсистемы приведены в табл. 2.

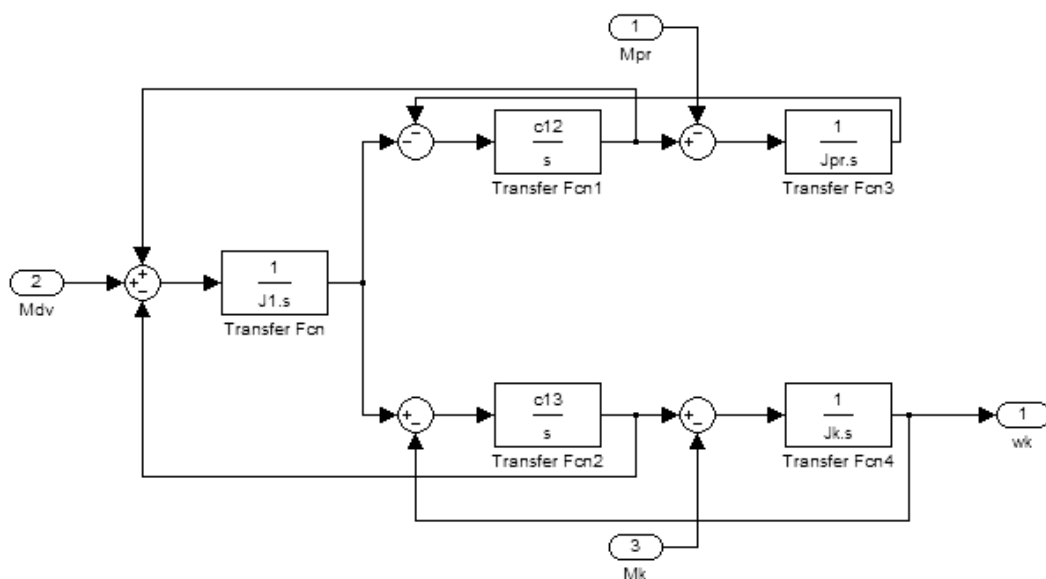


Рис. 7. Модель трёхмассовой системы лифта

Табл. 2. Параметры механической подсистемы

|                      |        |
|----------------------|--------|
| $J_{дв}, \text{КГМ}$ | 0,131  |
| $J_{пр}, \text{КГМ}$ | 0,041  |
| $J_{к}, \text{КГМ}$  | 0,083  |
| $c_{12}, \text{Н/М}$ | 840    |
| $c_{13}, \text{Н/М}$ | 56     |
| $b_{12}$             | 20,064 |
| $b_{13}$             | 1,338  |

На рис. 8 отражены результаты моделирования работы блока в составе электропривода с учётом упругого характера механической подсистемы.

Упругость в механической подсистеме сказывается на регулируемом торможении кабины лифта, в частности, в процессе торможения возникают коле-

бания скорости кабины и пути, проходимого кабиной. Эти колебания ухудшают комфортные условия поездки в лифте и требуют поиска решений структуры системы автоматического управления регулируемого привода лифта с управляемым процессом торможения.

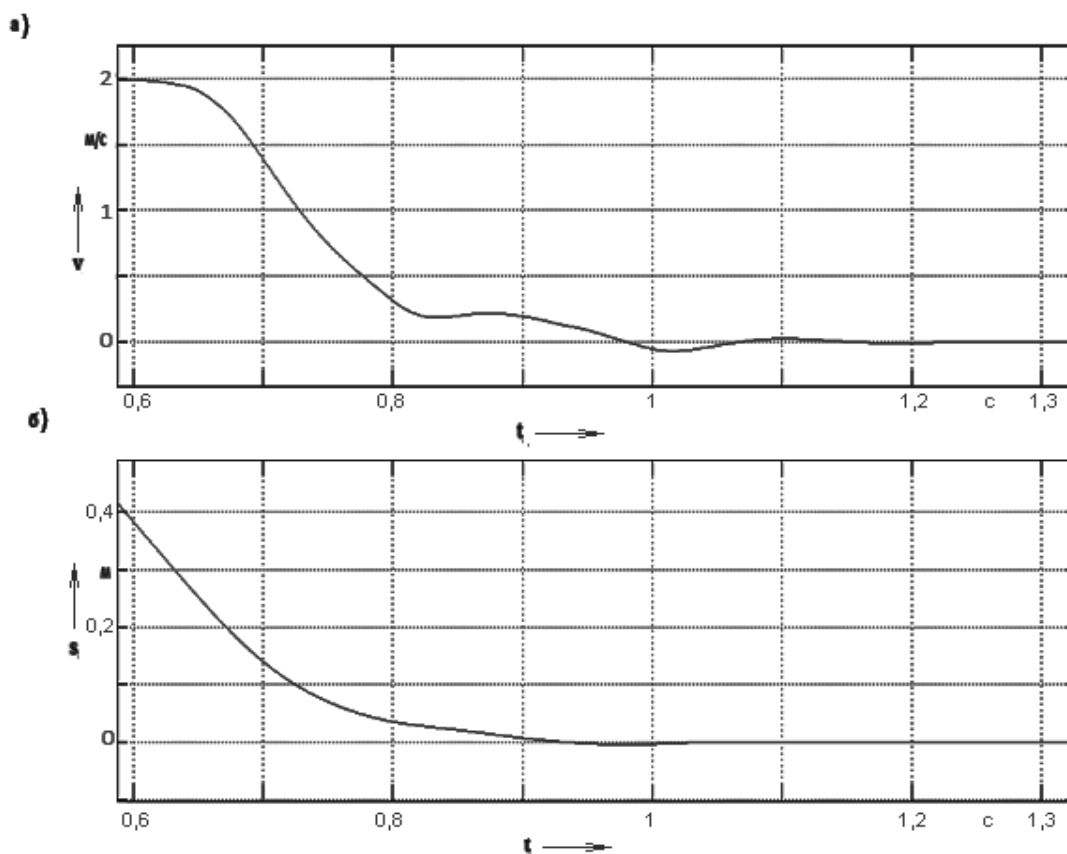


Рис. 8. Графики скорости и пути при допустимом ускорении  $1,5 \text{ м/с}^2$ : а – скорость при торможении кабины; б – путь, проходимый при торможении с начала торможения и до останова

### Выводы

1. Выполнено моделирование алгоритма работы разрабатываемого устройства формирования скорости торможения кабины лифта в зависимости от пути торможения до этажа останова в составе регулируемого электропривода.

2. Использование предлагаемого устройства формирования скорости кабины лифта в составе регулируемого электропривода лифта для устранения колебаний скорости кабины и пути,

проходимого кабиной при торможении, требует поиска и разработки рациональной структуры системы автоматического управления (САУ) электропривода лифта.

3. Смоделированный блок является основой для разработки блока задания тахограммы перемещения в регулируемом электроприводе массовых лифтов (скорость перемещения до  $2 \text{ м/с}$ ) с управлением по пути останова при торможении.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Чутчиков, П. И.** Электрооборудование лифтов массового применения / П. И. Чутчиков, Н. И. Алексеев, А. К. Прокофьев. – М. : Машиностроение, 1983. – 168 с.
2. **Коваль, А. С.** Электромеханическая система лифтов со скоростью до 2 м/с / А. С. Коваль, А. В. Шваяков // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2009. – № 4. – С. 113–120.
3. К вопросу совершенствования электропривода массовых лифтов / А. С. Коваль [и др.] // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2011. – № 3. – С. 145–150.
4. **Ключев, В. И.** Теория электропривода : учебник для вузов / В. И. Ключев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 2001. – 704 с. : ил.

*Статья сдана в редакцию 18 марта 2013 года*

**Александр Сергеевич Коваль**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: 8-0222-31-06-26. E-mail: etf@bru.by.

**Андрей Викторович Шваяков**, инженер-конструктор, ОДО «СТРИМ». Тел.: 8-0222-29-99-68. E-mail: strim@strim-tech.com.

**Евгений Викторович Ефименко**, аспирант, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-293-85-04-52. E-mail: captain\_puls@mail.ru.

**Aleksandr Sergeyevich Koval**, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University. Tel.: 8-0222-31-06-26. E-mail: etf@bru.by.

**Andrey Viktorovich Shvayakov**, design engineer, ODO «STRIM». Tel.: 8-0222-29-99-68. E-mail: strim@strim-tech.com.

**Yevgeny Viktorovich Yefimenka**, PhD student, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-293-85-04-52. E-mail: captain\_puls@mail.ru.

## СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

УДК 624

*И. Л. Опанасюк, Л. Г. Опанасюк, И. А. Реутский, А. П. Пайтра*

### РЕЗЕРВЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ОТДЕЛОЧНЫХ РАБОТ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ ЖИЛЫХ И ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

UDC 624

*I. L. Apanasiuk, L. G. Apanasiuk, I. A. Reutsky, A. P. Paitra*

### RESERVES OF INCREASING THE EFFICIENCY OF FINISH WORK IN THE CONSTRUCTION OF RESIDENTIAL AND PUBLIC BUILDINGS

#### Аннотация

Проведен анализ состояния отделочных работ с учетом существующей в Республике Беларусь нормативной базы и требований к выполнению технологических операций при производстве работ. Рассмотрены способы и применяемые средства механизации для производства штукатурных работ, а также перспективные направления их развития, позволяющие повысить эффективность отделочных работ при возведении жилых и общественных зданий.

#### Ключевые слова:

отделочные работы, штукатурные работы, малооперационная штукатурка, полумеханизированное оштукатуривание, механизированное оштукатуривание.

#### Abstract

The analysis of finish work performance in construction has been done on the basis of the normative base and regulatory requirements for the performance of constructive technological operations which are currently in force in the Republic of Belarus. The ways of mechanization and the mechanized equipment used for plastering work have been considered, as well as promising ways of their development to increase the efficiency of finishing work in the construction of residential and public buildings.

#### Key words:

finish work, plastering work, plasterwork not requiring multiple operations, semi-mechanized plastering, mechanized plastering.

Строительство любого здания осуществляется в два периода: подготовительный и основной [1]. Работы подготовительного периода подразделяются на внеплощадочные и внутриплощадочные, своевременное выполнение которых обеспечивает плановое развитие строительства и сдачу зданий в эксплуатацию.

В основной период выполняются

работы по строительству зданий, благоустройству территории, устройству проездов и сдаче объектов в эксплуатацию.

Строительство зданий осуществляется, как правило, в четыре (три) технологические стадии:

I – возведение подземной части здания с выполнением специальных работ по прокладке инженерных сетей, устройству

выводов и вводов и их герметизации;

II – возведение наземной части здания, включая санитарно-технические и электромонтажные работы;

III (II) – устройство кровли с организованным либо не организованным водоотводом;

IV (III) – отделка поверхностей здания, завершение работ по его инженерному оборудованию.

Для выполнения работ по каждой технологической стадии создаются специализированные строительные потоки, состоящие из частных – простых и сложных общестроительных, специальных и отделочных процессов, продукцией которых являются законченные части здания или виды работ.

Одним из основных показателей эффективности возведения зданий является продолжительность его строительства. Сокращение сроков строительства достигается за счет максимального совмещения во времени и пространстве специализированных потоков, сокращения сроков выполнения работ за счет рациональной внутрибригадной организации труда, максимальной комплексной механизации строительных процессов и специализации работ.

Отделочные работы являются завершающей технологической стадией возведения зданий, характеризующейся большой трудоемкостью и значительной насыщенностью фронта работ трудовыми и материальными ресурсами. Как правило, своевременное и качественное выполнение отделочных работ обеспечивает своевременный ввод возводимых объектов в эксплуатацию.

Отделочные работы в строительстве – это комплекс взаимоувязанных процессов, осуществляемых с целью придания поверхностям конструкций зданий или сооружений защитных и декоративных свойств. Выполняют отделочные работы во время возведения или после окончания работ по возведению наземной части здания либо в заводских условиях.

Отделочным работам предшеству-

ют следующие виды работ:

- устройство кровли с деталями и примыканиями и (или) защита отделываемых помещений от атмосферных осадков;

- установка оконных, дверных и балконных блоков, заделка и изоляция стыков их сопряжения с ограждающими конструкциями;

- остекление световых проемов;

- герметизация швов между блоками и панелями;

- устройство гидро-, звуко-, теплоизоляции и выравнивающих стяжек перекрытий;

- устройство пола на балконах и лоджиях;

- прокладка электрических и слаботочных проводов;

- установка закладных деталей, монтаж и проведение испытаний инженерных систем.

Отделочные работы делят на отделочные и отделочно-монтажные. Отделочные работы заключаются в устройстве защитно-декоративных покрытий на поверхности конструкций и оборудования здания; отделочно-монтажные – в сборке элементов здания, одновременно играющих конструктивную роль и выполняющих функции отделочного покрытия.

В состав отделочных входят следующие виды работ [2]:

- штукатурные;

- декоративные отделочные;

- облицовочные;

- малярные;

- обойные;

- стекольные.

Следует отметить, что декоративным, облицовочным, малярным, обойным и стекольным работам всегда предшествуют штукатурные. Они являются наиболее трудоемкими из отделочных работ при возведении жилых зданий из мелкоштучных каменных материалов.

В современных полносборных зданиях объем штукатурных работ невелик и сводится к обработке лишь отдельных

мест, к их затирке (шпатлевке). При строительстве же зданий и сооружений различного назначения из мелкоштучных материалов (кирпича, камня) практически все поверхности стен и перегородок подлежат оштукатуриванию.

В зависимости от назначения здания, количества выполняемых операций и требований, предъявляемых к отделочным работам, различают три вида штукатурного покрытия: простое, улучшенное и высококачественное оштукатуривание [2].

Простое штукатурное покрытие применяют для отделки складских помещений, подвалов, временных и некоторых промышленных зданий; улучшенное – для отделки помещений, торговых залов, учебных заведений и промышленных зданий; высококачественное – для отделки зданий и сооружений с повышенными требованиями к отделке.

Для устройства того или другого вида штукатурного покрытия необходимо выполнить ряд характерных для него технологических операций (табл. 1).

Табл. 1. Технологические операции производства штукатурных работ

| Технологическая операция                        | Оштукатуривание |            |                    |
|-------------------------------------------------|-----------------|------------|--------------------|
|                                                 | простое         | улучшенное | высококачественное |
| Подготовка поверхностей под оштукатуривание     | +               | +          | +                  |
| Провешивание поверхностей                       | +               | +          | +                  |
| Установка маяков                                | –               | +          | +                  |
| Нанесение обрызга                               | +               | +          | +                  |
| Нанесение грунта                                | +               | +          | +                  |
| Разравнивание нанесенного грунта                | +               | +          | +                  |
| Нанесение грунта (второй слой)                  | –               | –          | +                  |
| Разравнивание нанесенного грунта (второго слоя) | –               | –          | +                  |
| Разделка углов                                  | +               | +          | +                  |
| Разделка потолочных рустов                      | +               | +          | +                  |
| Нанесение накрывочного слоя                     | –               | +          | +                  |
| Затирка                                         | +               | +          | +                  |
| Отделка откосов и заглушин                      | +               | +          | +                  |

Подготовительные работы предусматривают покрытие бетонных, железобетонных, кирпичных и деревянных архитектурных деталей (карнизов, поясков и т. п.), мест сопряжений деревянных частей зданий с каменными, кирпичными и бетонными конструкциями металлической сеткой с ячейками размером 10×10 мм или плетением из проволоки с ячейками размером не свыше 40×40 мм при необходимости оштукатуривания слоем намета свыше 20 мм.

Места сопряжения оштукатуриваемых

поверхностей, выполненных из разных материалов, обиваются металлической сеткой с перекрытием на 4...5 см по обеим сторонам стыка, а поверхности деревянных конструкций – драночными щитами с размером ячеек 45×45 мм в свете без переплетения дранец.

В состав простого оштукатуривания входит следующее: провешивание поверхностей; нанесение обрызга; нанесение грунта с разравниванием; затирка поверхности с разделкой углов; установка и снятие правил (при разделке

углов); подбор отскоков раствора с наброской его на поверхность вручную; переноска рукавов по ходу работ.

При улучшенном оштукатуривании дополнительно устраивают накрывочный слой и просеивание гипса для него (при необходимости).

Для высококачественного оштукатуривания дополнительно наносят

второй слой грунта.

Улучшенные и высококачественные штукатурные покрытия выполняют по маякам, толщина которых равна толщине штукатурного покрытия без накрывочного слоя. Для устройства маяков и разделки углов в практике штукатурных работ применяют легкие перфорированные профили (рис. 1).

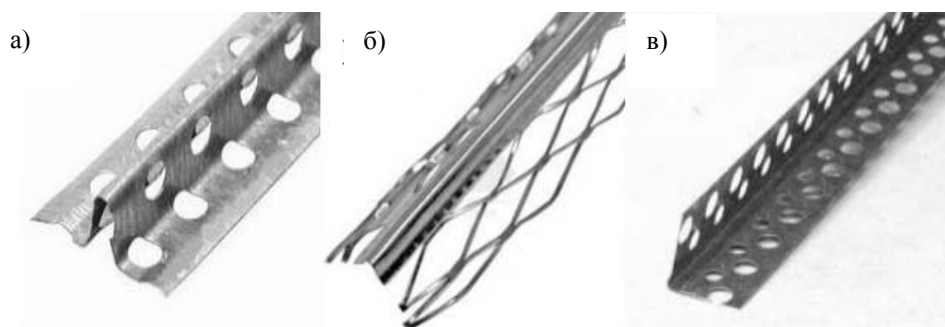


Рис. 1. Маячковые (а) и угловые (б, в) профили

Слой обрызга должен покрывать оштукатуриваемую поверхность без пропусков. Его назначение – прочное соединение штукатурки с отделываемой поверхностью. Толщина слоя обрызга по деревянным поверхностям – не более 9 мм (включая толщину драночной обивки), а по каменным, бетонным и кирпичным – не более 5 мм.

Грунт – основной (по объему) слой штукатурного намета. Он образует необходимую толщину штукатурки и выравнивает поверхность. Толщина слоя грунта не должна превышать 7 мм – при известковых и известково-гипсовых растворах и 5 мм – при цементных.

Накрывочный слой служит для придания поверхности штукатурки заданных высоких качеств (ровности, фактуры и пр.) и должен быть не более 2 мм.

Толщина однослойного штукатурного покрытия из гипсовых растворов составляет не более 15 мм, а из других видов смесей – не более 20 мм. Толщина каждого слоя при уст-

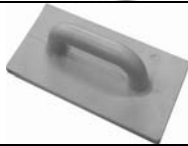
ройстве многослойного штукатурного покрытия без полимерных добавок должна быть не более:

- обрызг по каменным и бетонным основаниям – 5 мм;
- грунт из известковых и известково-гипсовых растворов смесей – 7 мм;
- из цементных растворов смесей – 5 мм;
- накрывочный слой – 2 мм.

Штукатурные работы могут выполняться вручную, полумеханизированным и механизированным способами. Для этих целей применяют различный ручной и механизированный инструмент, а также механизмы (табл. 2).

При выполнении работ вручную раствор наносят и затирают вручную. Полумеханизированный способ предусматривает нанесение слоев обрызга и грунта методом соплования с подачей раствора штукатурными станциями (растворонасосами), а устройство накрывочного слоя и затирку поверхности вручную.

Табл. 2. Инструмент и механизмы для производства штукатурных работ

| Название инструмента и механизмов  | Область применения                                                                                                                                        | Схема                                                                                 |
|------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                  | 2                                                                                                                                                         | 3                                                                                     |
| Кельма                             | Используется для перемешивания и отмеривания материалов и растворов, набрасывания последнего на поверхности разравнивания, замазывания и его заглаживания |    |
| Отрезовка                          | Лопатка для мелких ремонтных работ, исправления тяг, счистки обоев и других работ                                                                         |    |
| Правило                            | Рейка разной длины с квадратным или прямоугольным сечением. Служит для проверки плоскости поверхностей и угловых кромок                                   |    |
| Скребок                            | Применяется для очистки набело известковой или клеевой краски, бумаги, обоев и других работ                                                               |    |
| Шпатели                            | Применяются для нанесения и разглаживания шпатлевок, подравнивания небольших неровностей                                                                  |    |
| Сокол                              | Дюралюминиевый щит с ручкой. Служит для поддержания и нанесения на горизонтальную либо вертикальную поверхность порции раствора                           |   |
| Штукатурный ковш (ковш Шаульского) | Инструмент для накидывания строительного раствора на оштукатуриваемую поверхность                                                                         |  |
| Терка                              | Применяется для затирки штукатурки                                                                                                                        |  |
| Полутерка                          | Используется при намазывании и разравнивании раствора, для натирания фасок, углов и лузгов при их разделке после вытяжки карнизов                         |  |
| Бучарда                            | Молоток с зубчатыми краями. Применяется для насечки поверхностей                                                                                          |  |
| Зубчатка                           | Зубило с широким лезвием, которое имеет несколько зубцов. Используется для нанесения насечек на оштукатуриваемой поверхности                              |  |
| Стальная щетка (жесткая и мягкая)  | Деревянная оправа (колодка) и стальная проволока разной толщины и жесткости. Применяется для очистки поверхностей от разных загрязнений                   |  |

Окончание табл. 2

| 1                                           | 2                                                                                                                                                                                                                                                       | 3                                                                                     |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Растворонасос                               | Применяется для приготовления растворов, подачи его на этажи либо механизированного нанесения на поверхности                                                                                                                                            |    |
| Стационарная штукатурная станция            | Предназначена для приема товарного раствора, его перемешивания, доведения до необходимой рабочей консистенции, процеживания, подачи по шлангам к рабочим местам штукатуров и нанесения на оштукатуриваемые поверхности с помощью форсунки               |    |
| Мобильная (передвижная) штукатурная станция | Предназначена для приготовления из готовой сухой растворной смеси кладочной, штукатурной или облицовочной растворной смеси, ее транспортирования по рукавам и нанесения на подготовленную поверхность на объектах, обеспеченных электроэнергией и водой |    |
| Затирочные машины                           | Служат для затирки (выравнивания) поверхности накрывочного слоя улучшенной или высококачественной штукатурки                                                                                                                                            |  |

При механизированном способе накрывочный слой перетирают с помощью затирочных машин либо заменяют шпатлеванием. При таком способе производства штукатурных работ известково-песчаными растворами использование затирочных машин позволяет производить затирку слоя грунта без нанесения накрывочного слоя.

Ручное оштукатуривание поверхностей применяют в помещениях площадью до 5 м<sup>2</sup>. Для этих целей используют ручной инструмент и тару. К ним следует отнести: кельму, ковш Шаульского, полутерки, терки, правила, бункера для приема раствора, ящики растворные, инвентарные подмости и другие приспособления.

При площади помещений более 5 м<sup>2</sup> применяют полумеханизированное и механизированное оштукатуривание

стен. Для этих целей используют штукатурные станции, затирочные машины, штукатурно-шпатлевные агрегаты и другие механизмы.

Способы производства штукатурных работ характеризуются различной трудоемкостью, приведенной в табл. 3.

Нормативная трудоемкость, приведенная в табл. 3, свидетельствует о том, что производительность механизированного оштукатуривания стен в 2 раза выше ручного и в 1,5 раза выше полумеханизированного. Так, например, при ручном улучшенном оштукатуривании стен и перевыполнении норм выработки на 15 % норма на одного штукатура составляет 13 м<sup>2</sup>, а при механизированном – 26 м<sup>2</sup> штукатурки в смену.

Ручное оштукатуривание поверхностей выполняют специализированным потоком, схема которого приведена





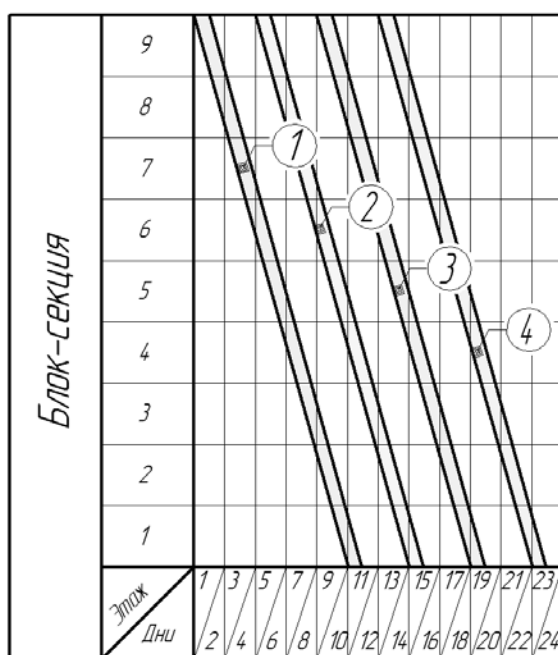


Рис. 3. Циклограмма выполнения частных потоков при производстве штукатурных работ механизированным способом: 1 – первый частный поток (производство подготовительных работ); 2 – второй частный поток (нанесение обрызга и грунта механизированным способом, разравнивание грунта); 3 – третий частный поток (устройство накрывочного слоя либо шпатлевание поверхности); 4 – четвертый частный поток (отделка откосов и заглушин)

Поточная внутрибригадная организация труда позволяет устанавливать темп штукатурных работ в зависимости от производительности второго частного потока – нанесения обрызга и грунта с помощью штукатурной станции методом «соплования». Это обеспечивает нормативную производительность труда с перевыполнением норм выработки штукатурных работ на 15...20 %. Продукцией этого частного потока является подготовленный слой грунта, поверхность которого соответствует показателям качества (отклонениям и перепадам) отдельных видов штукатурных покрытий и дает возможность использовать затирочные машины для его отделки. В случае применения цементных растворов накрывочный слой выполняют методом шпатлевания.

Вместе с тем механизированный способ производства штукатурных работ в Республике Беларусь не нашел повсе-

местного применения. При строительстве жилых и общественных зданий используют, в основном, ручное и полумеханизированное оштукатуривание поверхностей. Применение электрических затирочных машин связано с дополнительными затратами на их обслуживание в процессе производства работ и текущие ремонты. Альтернативой затирочным машинам служат шпатлевочные агрегаты, с помощью которых устройство накрывочного слоя производят методом шпатлевания слоя грунта (рис. 4).

Одним из направлений снижения трудоемкости и материалоемкости производства штукатурных работ является повышение качества устройства каменных поверхностей стен и перегородок. Чем меньше отклонения стен от толщины и вертикали, тем меньше толщина штукатурного покрытия и количество технологических операций, которые необходимо выполнять для их выравнивания.



Рис. 4. Нанесение и разравнивание гипсовой шпатлевки на поверхности перегородки из газосиликатных блоков

Допустимое отклонение толщины конструкций стен равно  $\pm 15$  мм, а отклонения поверхностей и углов кладки от вертикали на один этаж составляют 10 мм [3]. Предельные отклонения от номинальных размеров и геометрической формы кирпича и камня силикатного по длине, толщине и ширине –  $\pm 2$  мм [4]. Для кирпича и камня керамического: по длине  $\pm 5$  мм; ширине  $\pm 4$  мм; толщине  $\pm 3$  мм [5]. Для блоков из ячеистых бетонов: при кладке на растворе номинальные отклонения по высоте, длине и толщине составляют  $\pm 3$  мм; при кладке на клею отклонения по высоте –  $\pm 1$  мм, а по длине и толщине –  $\pm 2$  мм [6].

Анализируя приведенные данные по нормативным предельным отклонениям от номинальных размеров и геометрической формы мелкоштучных каменных материалов, можно сделать вывод о том, что при возведении каменных конструкций существуют значительные резервы повышения качества работ за счет уменьшения фактических и нормативных показателей отклонений поверхностей стен и перегородок. Для ка-

менных конструкций следовало бы применять только плюсовой допуск по толщине стен не более 10 мм, как и для отклонений поверхностей и углов кладки от вертикали на один этаж. Качественная (ровная) поверхность позволяет уменьшить число технологических операций и использовать современные высокопроизводительные штукатурные станции и шпатлевочные агрегаты для производства штукатурных работ.

Практика производства штукатурных работ с использованием штукатурной станции Putzmeister P13 (см. табл. 2) свидетельствует о том, что звено в составе из четырех рабочих-отделочников без труда покрывает в смену  $400 \text{ м}^2$ .

Современные мобильные штукатурные станции и шпатлевочные агрегаты позволяют качественно выполнять штукатурные покрытия поверхностей механизированным способом, обеспечивать своевременный ввод жилых и общественных зданий в эксплуатацию при наименьших материальных и трудовых затратах на производство работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **ТКП 45-1.03-161-2009.** Организация строительного производства. – Минск : М-во архитектуры и строительства РБ, 2009. – 47 с.
2. **ТКП 45-5.09-105-2009.** Отделочные работы. Правила выполнения. – Минск : М-во архитектуры и строительства РБ, 2009. – 13 с.
3. **ТКП 45-5.02-82-2010.** Каменные и армокаменные конструкции. – Минск : М-во архитектуры и строительства РБ, 2010. – 14 с.
4. **СТБ 1160-99.** Кирпич и камни керамические. Технические условия. – Минск : Госстандарт, 1999. – 31 с.
5. **СТБ 1228-2000.** Кирпич и камни силикатные. Технические условия. – Минск : Госстандарт, 2000. – 14 с.
6. **СТБ 1117-98.** Блоки из ячеистых бетонов. Стеновые. Технические условия. – Минск : Госстандарт, 1998. – 29 с.

*Статья сдана в редакцию 2 апреля 2013 года*

**Иван Лукьянович Опанасюк**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет.  
Тел.: +375-29-542-96-82.

**Любовь Гавриловна Опанасюк**, ст. преподаватель, Могилевский государственный университет продовольствия.

**Игорь Александрович Реутский**, студент, Белорусско-Российский университет.

**Анастасия Павловна Пайтра**, студентка, Белорусско-Российский университет.

**Ivan Lukyanovich Apanasiuk**, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University.  
Tel.: +375-29-542-96-82.

**Liubov Gavrilovna Apanasiuk**, senior lecturer, Mogilev State University of Food Technologies.

**Igor Aleksandrovich Reutsky**, student, Belarusian-Russian University.

**Anastasiya Pavlovna Paitra**, student, Belarusian-Russian University.

---

УДК 624.012.45

*С. Д. Семенюк, И. С. Фролков, М. Г. Мамочкина, Г. А. Дивакова*

## **ПРОЧНОСТЬ И ДЕФОРМАТИВНОСТЬ БЕТОНА СРЕДНИХ КЛАССОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ**

---

UDC 624.012.45

*S. D. Semenyuk, I. S. Frolkov, M. G. Mamochkina, G. A. Divakova*

## **STRENGTH AND DEFORMABILITY OF CONCRETE OF MEDIUM GRADES ACCORDING TO THE RESULTS OF TESTING**

---

### **Аннотация**

Приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований прочностных и деформативных свойств бетона средних классов при кратковременном центральном сжатии. По данным испытаний четырёх серий образцов определены кубиковая и призмная прочности, найдены модули продольных и поперечных деформаций, модуль сдвига, пределы микротрещинообразования бетонов.

### **Ключевые слова:**

класс бетона, модуль упругости, призма, продольные и поперечные деформации, модуль сдвига, коэффициент Пуассона, линейная корреляция, статистика, пределы микротрещинообразования бетонов.

### **Abstract**

The paper presents results of the experimental and theoretical studies of strength and deformation properties of concrete of medium grades during short-term axial compression. Cube and prism strength were determined according to the data obtained in testing four sets of samples. Modulus of longitudinal and lateral deformations, shear modulus and limits of concrete microcrack formation were found.

### **Key words:**

class of concrete, modulus of elasticity, prism, longitudinal and lateral deformations, shear modulus, Poisson's ratio, linear correlation, statistics, limits of concrete microcrack formation.

---

### **Введение**

При прогнозировании работы железобетонных конструкций зданий и сооружений, работающих в условиях как элементарного, так и сложного деформирования, необходимо учитывать упругопластические характеристики бетона, такие как модуль продольных и поперечных деформаций, модуль сдвига, коэффициент Пуассона, верхний и нижний пределы микротрещинообразования бетона. С этой целью были испытаны четыре серии образцов в виде кубов и призм на кратковременное центральное сжатие в соответствии с ГОСТ 24452-80.

### **Характеристики опытных образцов и методика экспериментальных исследований**

Первая серия образцов испытана в возрасте 28 сут, вторая – 253 сут, третья – 84 сут, четвёртая – 28 сут. Каждая серия состояла из шести кубов с размером ребра 150 мм и трёх призм размером 150×150×600 мм. Средняя кубиковая прочность первой серии образцов составила 23,3 МПа, второй – 36,2 МПа, третьей – 20,04 МПа, четвёртой – 21,25 МПа.

Испытание призмных образцов на кратковременное центральное сжатие до разрушения проводилось в полном соответствии с требованиями

ГОСТ 24452-80 при их ступенчатом нагружении по следующему режиму: 30 с на поднятие нагрузки и снятие отсчётов по измерителям деформаций; 4,5-минутная выдержка нагрузки на каждой ступени со снятием отсчётов по деформациям. Всего было принято 13 ступеней нагрузки – для первой серии образцов и 12 ступеней – для второй. Продольные и поперечные деформации замерялись по всем боковым граням призм при помощи индикаторов часового типа. При этом продольные деформации измерялись по четырём боковым граням призмы приборами механического действия с ценой деления 0,001 мм при базе 120...125 мм. Средняя призмная прочность испытанных образцов первой серии составила 18,7 МПа; второй – 28,65 МПа; третьей – 16,22 МПа, четвёртой – 17,2 МПа, а коэффициенты призмной прочности – 0,8; 0,78; 0,81 и 0,81 соответственно.

Продольные и поперечные деформации по каждой отдельной призме (по показаниям четырёх приборов механического действия) усреднялись. При отдельных расчётах, резко отличающихся от средних, эти отсчёты и соответствующие им деформации по отдельным приборам из обработки опытных деформаций исключались.

#### **Экспериментально-статистическая оценка деформативных характеристик бетона исследуемых классов**

В [1, 2] показано, что зависимость «секущий модуль продольных деформаций – напряжение или уровень напряжений» ( $E_c - \sigma$ ), ( $E_c - \eta$ ) при кратковременном центральном сжатии бетонных призм до разрушения с постоянной скоростью роста напряжений с большой достоверностью описывается линейной опытно-корреляционной зависимостью (1), а непосредственно вытекающая из неё зависимость «напряжение – деформация» – корреляционной зависимостью (2) гиперболического вида:

$$E_{c(\sigma)} = \frac{\sigma}{\varepsilon_{c(\sigma)}} = E_{c(0)} [1 - \lambda_{\sigma} \cdot \eta]; \quad (1)$$

$$\varepsilon_{c(\sigma)} = \frac{\sigma}{E_{fc}} = \frac{\sigma}{E_{c(0)} \left[ 1 - \lambda_{fc} \cdot \frac{\sigma}{fc} \right]}, \quad (2)$$

где  $\eta$  – уровень напряжений,  $\eta = \frac{\sigma}{fc}$ ;

$E_{c(0)}$  – истинный модуль упругости бетона (секущий модуль деформаций при  $\sigma = 0$ );  $\lambda_{fc}$  – предельное значение коэффициента пластичности бетона при  $\sigma = fc$ .

Приведенная статистическая обработка результатов испытаний бетонных призм показала, что линейные корреляционные зависимости «секущие модули деформаций – напряжения или уровень напряжений» имеют место для поперечных и сдвиговых деформаций:

$$E_{v(\sigma)} = \frac{\sigma}{\varepsilon_{v(\sigma)}} = E_{v(0)} [\lambda_{v(fc)} \cdot \eta]; \quad (3)$$

$$\varepsilon_{v(\sigma)} = \frac{\sigma}{E_{v(\sigma)}} = \frac{\sigma}{E_{v(0)} \left[ 1 - \lambda_{v(fc)} \cdot \frac{\sigma}{fc} \right]}; \quad (4)$$

$$\begin{aligned} G_{\sigma} &= \frac{\sigma}{\varepsilon_{G(\sigma)}} = \frac{\sigma}{2 [\varepsilon_{c(\sigma)} + \varepsilon_{v(\sigma)}]} = \\ &= G_0 \left[ 1 - \lambda_{G(fc)} \cdot \frac{\sigma}{fc} \right]; \end{aligned} \quad (5)$$

$$\varepsilon_{G(\sigma)} = \frac{\sigma}{G_{\sigma}} = \frac{\sigma}{G_0 \left[ 1 - G_{v(fc)} \cdot \frac{\sigma}{fc} \right]}, \quad (6)$$

где  $E_{v(\sigma)}$ ,  $G_{\sigma}$  – секущие модули поперечных упругопластических деформаций и деформаций сдвига;  $\varepsilon_{v(\sigma)}$ ,  $\varepsilon_{G(\sigma)}$  – соответствующие вышеуказанным секущим модулям деформаций упругопластические поперечные деформации и деформации сдвига при сжатии;  $E_{v(0)}$ ,

$G_0$  – испытанные значения модулей упругих поперечных и сдвиговых деформаций;  $\lambda_{v(f_c)}, \lambda_{G(f_c)}$  – коэффициенты пластичности по поперечным и сдвиговым деформациям при напряжении  $\sigma = f_c$ .

$$\lambda_{v(f_c)} = \frac{E_{v(0)} - E_{v(f_c)}}{E_{v(0)}}; \quad (7)$$

$$\lambda_{G(f_c)} = \frac{G_0 - G_{f_c}}{G_0}; \quad (8)$$

$$\varepsilon_{G(\sigma)} = 2[\varepsilon_{c(\sigma)} + \varepsilon_{v(\sigma)}]. \quad (9)$$

Численные значения параметров линейных корреляционных зависимостей (1), (3), (5) устанавливаются стати-

стически методами линейной корреляции [3].

Наиболее простым способом первичного определения связи между двумя свойствами является способ графического изображения результатов вычислений. Откладывая по оси абсцисс данные одного свойства (напряжения), а по оси ординат соответствующие им значения другого свойства (относительные деформации  $\varepsilon$  и  $E'$ ), получаем группу точек (рис. 1 и 2).

Величиной, выражающей прямолинейную зависимость между двумя свойствами, является коэффициент корреляции. Чем ближе коэффициент корреляции к единице, тем больше связь между изучаемыми свойствами.

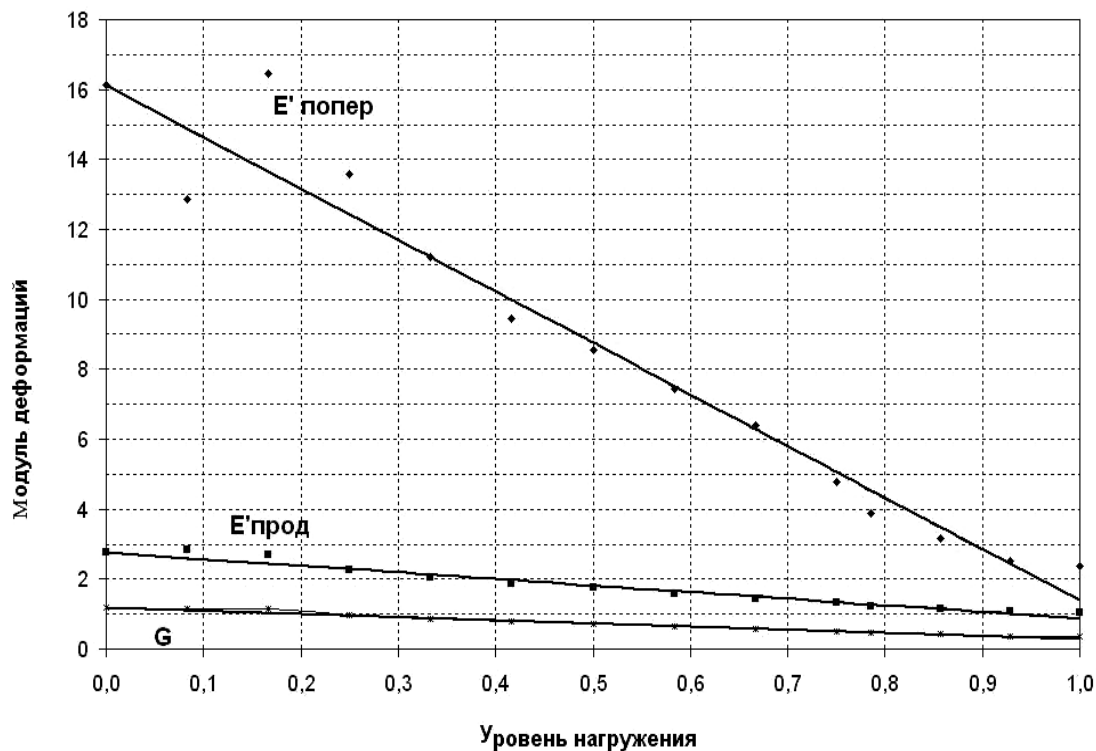


Рис. 1. Опытные и теоретические зависимости «секущий модуль деформаций – уровень нагружения» для первой серии образцов

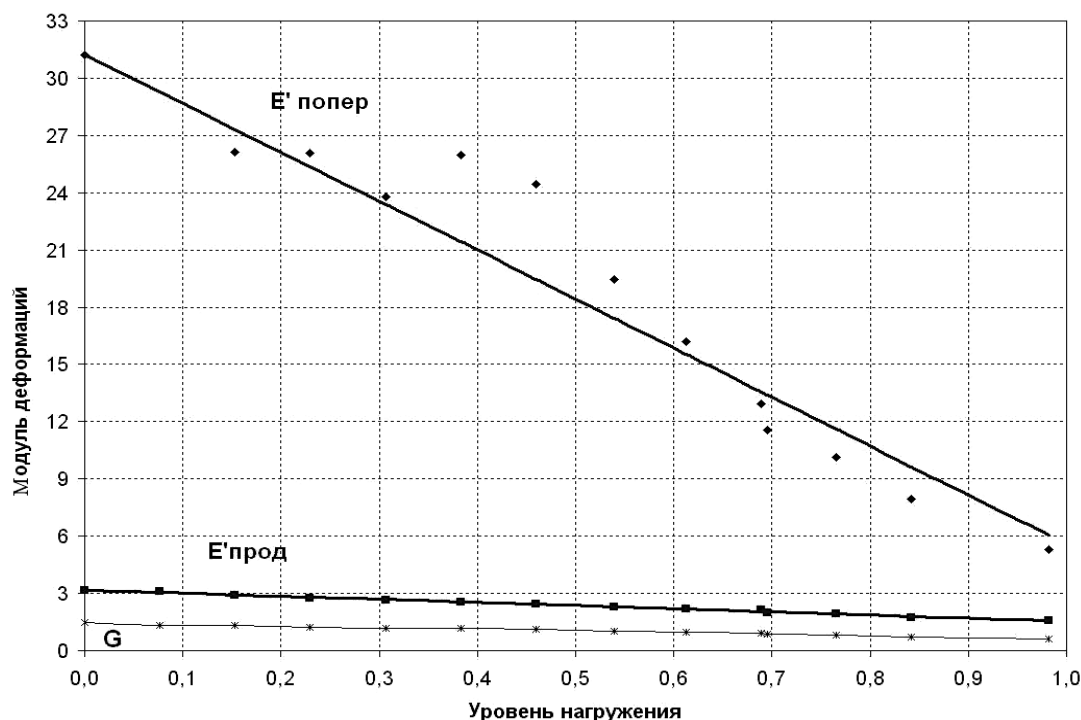


Рис. 2. Опытные и теоретические зависимости «секущий модуль деформаций – уровень нагружения» для второй серии образцов

Коэффициент корреляции  $r$  вычисляют по формуле

$$r = \frac{\sum_1^n (X_c \cdot Y_c)}{\sqrt{\sum_1^n X_c^2 \cdot Y_c^2}}, \quad (10)$$

где  $\sum_1^n (X_c \cdot Y_c)$  – сумма произведений отклонений отдельных вариантов  $V_x^1, V_y$  от соответствующих им средних арифметических  $M_x$  и  $M_y$ .

$$\sum_1^n (X_c \cdot Y_c) = \sum_1^n [(V_x - M_x) \cdot (V_y - M_y)]; \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \sum_1^n X_c^2 &= \sum_1^n (V_x - M_x)^2; \\ \sum_1^n Y_c^2 &= \sum_1^n (V_y - M_y)^2; \end{aligned} \quad (12)$$

$$M_x = \frac{\sum_1^n V_x}{n}; \quad M_y = \frac{\sum_1^n V_y}{n}, \quad (13)$$

где  $n$  – число наблюдений (вариант каждого ряда).

Средняя ошибка коэффициента корреляции

$$m_r = \pm \frac{1 - r^2}{\sqrt{n}}. \quad (14)$$

Достоверность коэффициента корреляции (линейного корреляционного уравнения или связи) оценивается отношением коэффициента корреляции  $r$  к его средней ошибке  $m_r$ . Если это отношение равно 4 или больше, то коэффициент корреляции считается достоверным и наличие связи между двумя свойствами доказано, в противном случае – нельзя сделать заключение о достоверности связи между изучаемыми свойствами. Итак, линейная корреляционная зависимость достоверна, если

$$\frac{|r|}{|m_r|} \geq 4. \quad (15)$$

$r$  и  $r/m_r$  доказывают количественную оценку связи между двумя величинами, но не выражают эту связь в виде уравнения.

Линейное корреляционное уравнение представлено следующей формулой:

$$Y = M_y + r \frac{\sigma_x}{\sigma_y} \cdot (X - M_x) =$$

$$= M_y + r \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^n Y_c^2}{\sum_{c=1}^n X_c^2}} \cdot (X - M_x), \quad (16)$$

где  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  – средние квадратические отклонения:

$$\sigma_x = \pm \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^n X_c^2}{n-1}}; \quad \sigma_y = \pm \sqrt{\frac{\sum_{c=1}^n Y_c^2}{n-1}} \quad (17)$$

Статистика линейных корреляционных зависимостей по усреднённым показателям для испытанных призм показала, что достоверность линейности корреляционных зависимостей довольно высока (коэффициент корреляции  $r_x$  близок к единице, а его достоверность  $r/m_r$  значительно больше четырёх).

Для выявления зависимостей и получения линейных уравнений были обработаны опытные данные, представленные в табл. 1 и 2 (для первой, третьей и четвёртой серий образцов вычисления проводились аналогично).

Результаты проведенных исследований отражены в табл. 3.

Табл. 1. Сопоставление опытных и теоретических (опытно-корреляционных) значений продольных относительных деформаций  $\varepsilon$ , секущего модуля деформаций  $E'$ , касательного модуля деформаций  $E$  и коэффициента упругости бетона  $\nu$

| Опытная величина (по показаниям приборов) |                    |                                         |                                |                               |        | Теоретическая величина (корреляционная) |                                |                               |        | Отклонение                 |                                |                   |
|-------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|-----------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--------|----------------------------|--------------------------------|-------------------|
| $\sigma$ , МПа                            | Уровень нагружения | $\varepsilon$ ,<br>10 <sup>-5</sup> МПа | $E'$ ,<br>10 <sup>-4</sup> МПа | $E$ ,<br>10 <sup>-4</sup> МПа | $\nu$  | $\varepsilon$ ,<br>10 <sup>-5</sup> МПа | $E'$ ,<br>10 <sup>-4</sup> МПа | $E$ ,<br>10 <sup>-4</sup> МПа | $\nu$  | $\Delta\varepsilon$ ,<br>% | $\Delta E' = \Delta\nu$ ,<br>% | $\Delta E$ ,<br>% |
| 0                                         | 0                  | 0                                       | —                              | 3,204                         | 1      | 0                                       | 3,204                          | 3,204                         | 1      | 0                          | 0                              | 0                 |
| 2,19                                      | 0,077              | 7,02                                    | 3,1197                         | 3,0376                        | 0,9737 | 7,12                                    | 3,0765                         | 2,9542                        | 0,9602 | 1,4                        | -1,4                           | -2,7              |
| 4,39                                      | 0,153              | 14,95                                   | 2,9365                         | 2,6913                        | 0,9165 | 14,89                                   | 2,9485                         | 2,7134                        | 0,9203 | -0,4                       | 0,4                            | 0,8               |
| 6,58                                      | 0,23               | 23,79                                   | 2,7659                         | 2,3877                        | 0,8633 | 23,32                                   | 2,8210                         | 2,4839                        | 0,8805 | -2,0                       | 2,0                            | 4,0               |
| 8,78                                      | 0,306              | 32,85                                   | 2,6728                         | 2,2297                        | 0,8342 | 32,60                                   | 2,6930                         | 2,2635                        | 0,8405 | -0,8                       | 0,8                            | 1,5               |
| 10,97                                     | 0,383              | 42,81                                   | 2,5625                         | 2,0494                        | 0,7998 | 42,76                                   | 2,5655                         | 2,0543                        | 0,8007 | -0,1                       | 0,1                            | 0,2               |
| 13,16                                     | 0,459              | 53,35                                   | 2,4667                         | 1,8991                        | 0,7699 | 53,98                                   | 2,4381                         | 1,8553                        | 0,7610 | 1,2                        | -1,2                           | -2,3              |
| 15,44                                     | 0,539              | 66,36                                   | 2,3267                         | 1,6896                        | 0,7262 | 66,97                                   | 2,3054                         | 1,6588                        | 0,7195 | 0,9                        | -0,9                           | -1,8              |
| 17,55                                     | 0,613              | 78,98                                   | 2,2221                         | 1,5411                        | 0,6935 | 80,41                                   | 2,1826                         | 1,4868                        | 0,6812 | 1,8                        | -1,8                           | -3,5              |
| 19,92                                     | 0,695              | 98,23                                   | 2,0279                         | 1,2835                        | 0,6329 | 97,42                                   | 2,0447                         | 1,3048                        | 0,6382 | -0,8                       | 0,8                            | 1,7               |
| 21,94                                     | 0,766              | 113,33                                  | 1,9359                         | 1,1697                        | 0,6042 | 113,85                                  | 1,9271                         | 1,1591                        | 0,6015 | 0,5                        | -0,5                           | -0,9              |
| 24,13                                     | 0,842              | 136,98                                  | 1,7616                         | 0,9686                        | 0,5498 | 134,08                                  | 1,7996                         | 1,0108                        | 0,5617 | -2,1                       | 2,2                            | 4,4               |
| 28,13                                     | 0,982              | 178,63                                  | 1,5748                         | 0,7740                        | 0,4915 | 179,53                                  | 1,5668                         | 0,7662                        | 0,4890 | 0,5                        | -0,5                           | -1,0              |



Табл. 2. К вычислению коэффициента корреляции

| $V_x = (\sigma)$ , МПа | $\varepsilon$ | $V_y$  | $X_c$    | $X_c^2$  | $Y_c$   | $Y_c^2$ | $Z_c$    | $Z_c^2$  |
|------------------------|---------------|--------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|
| 2,19                   | 7,02          | 3,1197 | 12,2417  | 149,8592 | -0,7553 | 0,5704  | 11,4864  | 131,9383 |
| 4,39                   | 14,95         | 2,9365 | 10,0417  | 100,8357 | -0,5721 | 0,3272  | 9,4696   | 89,6742  |
| 6,58                   | 23,79         | 2,7659 | 7,8517   | 61,6492  | -0,4015 | 0,1612  | 7,4502   | 55,5060  |
| 8,78                   | 32,85         | 2,6728 | 5,6517   | 31,9417  | -0,3084 | 0,0951  | 5,3433   | 28,5513  |
| 10,97                  | 42,81         | 2,5625 | 3,4617   | 11,9834  | -0,1981 | 0,0392  | 3,2636   | 10,6512  |
| 13,16                  | 53,35         | 2,4667 | 1,2717   | 1,6172   | -0,1023 | 0,0105  | 1,1694   | 1,3674   |
| 15,44                  | 66,36         | 2,3267 | -1,0083  | 1,0167   | 0,0377  | 0,0014  | -0,9706  | 0,9421   |
| 17,55                  | 78,98         | 2,2221 | -3,1183  | 9,7238   | 0,1423  | 0,0203  | -2,9760  | 8,8565   |
| 19,92                  | 98,23         | 2,0279 | -5,4883  | 30,1214  | 0,3365  | 0,1132  | -5,1518  | 26,5410  |
| 21,94                  | 113,33        | 1,9359 | -7,5083  | 56,3746  | 0,4285  | 0,1836  | -7,0798  | 50,1241  |
| 24,13                  | 136,98        | 1,7616 | -9,6983  | 94,0570  | 0,6028  | 0,3634  | -9,0955  | 82,7276  |
| 28,13                  | 178,63        | 1,5748 | -13,6983 | 187,6434 | 0,7896  | 0,6235  | -12,9087 | 166,6336 |

Табл. 3. Характеристика бетона испытанных образцов и статистика их линейных корреляционных зависимостей

| Номер серии | Возраст $t$ , сут | $f_{c, cubes}^G$ , МПа | $f_{cк}$ , МПа | $f_{crc}^v$ |       | $f_{crc}^0$ |       | Зависимость            | Уравнение, МПа            | $r$     | $r/m_r$ |
|-------------|-------------------|------------------------|----------------|-------------|-------|-------------|-------|------------------------|---------------------------|---------|---------|
|             |                   |                        |                | $\eta$      | МПа   | $\eta$      | МПа   |                        |                           |         |         |
| 1           | 28                | 23,3                   | 18,7           | 0,75        | 14,0  | 0,48        | 8,95  | $E_{c(\sigma)} - \eta$ | $3,093(1 - 0,034 \sigma)$ | -0,9795 | 86,952  |
|             |                   |                        |                |             |       |             |       | $E_{v(\sigma)} - \eta$ | $17,27(1 - 0,043 \sigma)$ | -0,9855 | 123,32  |
|             |                   |                        |                |             |       |             |       | $G_c - \eta$           | $1,34(1 - 0,037 \sigma)$  | -0,9883 | 152,52  |
| 2           | 253               | 36,2                   | 28,65          | 0,842       | 24,13 | 0,57        | 16,33 | $E_{c(\sigma)} - \eta$ | $3,02(1 - 0,018 \sigma)$  | -0,9979 | 832     |
|             |                   |                        |                |             |       |             |       | $E_{v(\sigma)} - \eta$ | $29,43(1 - 0,027 \sigma)$ | -0,8381 | 9,7     |
|             |                   |                        |                |             |       |             |       | $G_c - \eta$           | $1,452(1 - 0,02 \sigma)$  | -0,9901 | 173,7   |
| 3           | 84                | 20,04                  | 16,22          | 0,73        | 11,85 | 0,47        | 7,62  | $E_{c(\sigma)} - \eta$ | $2,89(1 - 0,047 \sigma)$  | -0,7949 | 7,48    |
|             |                   |                        |                |             |       |             |       | $E_{v(\sigma)} - \eta$ | $23,39(1 - 0,058 \sigma)$ | -0,9028 | 16,9    |
|             |                   |                        |                |             |       |             |       | $G_c - \eta$           | $1,278(1 - 0,051 \sigma)$ | -0,9947 | 328     |
| 4           | 28                | 21,25                  | 17,2           | 0,74        | 12,70 | 0,473       | 8,56  | $E_{c(\sigma)} - \eta$ | $3,85(1 - 0,039 \sigma)$  | -0,9896 | 168     |
|             |                   |                        |                |             |       |             |       | $E_{v(\sigma)} - \eta$ | $22,15(1 - 0,049 \sigma)$ | -0,9631 | 46,1    |
|             |                   |                        |                |             |       |             |       | $G_c - \eta$           | $1,65(1 - 0,041 \sigma)$  | -0,9879 | 143     |

При нагружении бетонного образца длительным напряжением, меньшим либо равным нижней границе микро-трещинообразования, в бетоне не возникает микро-разрушения. При действии напряжений в пределах границ нижнего и верхнего микро-трещинообразований в

бетоне возникают микро-разрушения, но их количество не приводит к разрушению материала. Если длительное напряжение больше верхней границы микро-трещинообразования, в бетоне происходит накопление и развитие микро-разрушений вплоть до его полного

разрушения. Поэтому за предел прочности при длительном сжатии принимают напряжение несколько ниже верхней

границы микротрещинообразования (рис. 3).

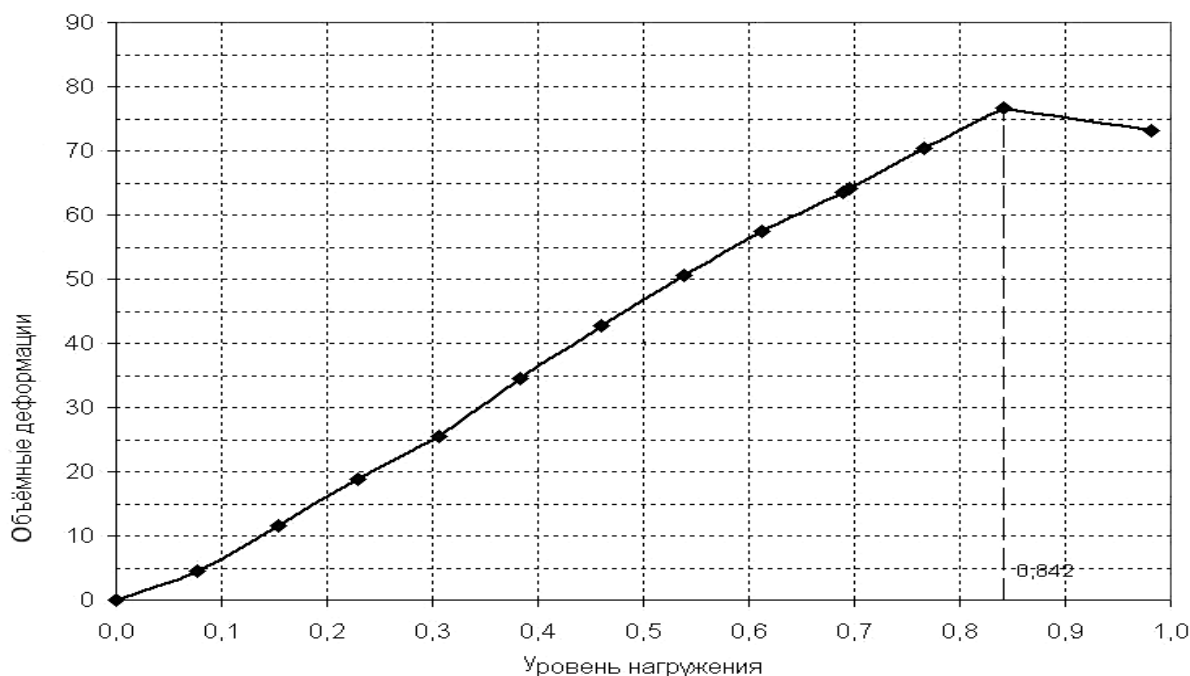


Рис. 3. Определение верхней границы микротрещинообразования для второй серии образцов

Верхний предел микротрещинообразования  $f_{crc}^v$  (так называемая «критическая» граница, при достижении которой наблюдается активный прирост пластических деформаций) находился графическим методом по усреднённым экспериментальным данным для двух призм, испытанных кратковременным нагружением по стандартной методике – путем построения зависимости «уровень нагружения – объёмная деформация». Объёмные деформации при этом определялись по формуле

$$\varepsilon^v = \varepsilon_{c(\sigma)} - 2\varepsilon_{v(\sigma)}, \quad (18)$$

где  $\varepsilon_{c(\sigma)}$  – продольные относительные деформации;  $\varepsilon_{v(\sigma)}$  – поперечные относительные деформации.

По пиковой точке диаграммы  $\varepsilon^v - \eta$  находился верхний предел микротре-

щинообразования бетона –  $f_{crc}^v$ .

Определение нижнего предела микротрещинообразования  $f_{crc}^0$  также производилось графическим методом по экспериментальным данным. Сначала по опытным данным была построена зависимость «уровень нагружения  $\eta$  – коэффициент Пуассона  $\nu$ », при этом коэффициент Пуассона определялся как отношение поперечных относительных деформаций к продольным или как отношение поперечного модуля деформаций к продольному для каждой ступени нагружения (рис. 4).

Путём нахождения первой  $\frac{d\nu}{d\eta}$  и

второй  $\frac{d^2\nu}{d\eta^2}$  производных был графиче-

ски определён предел нижнего микротрещинообразования бетона (рис. 5).

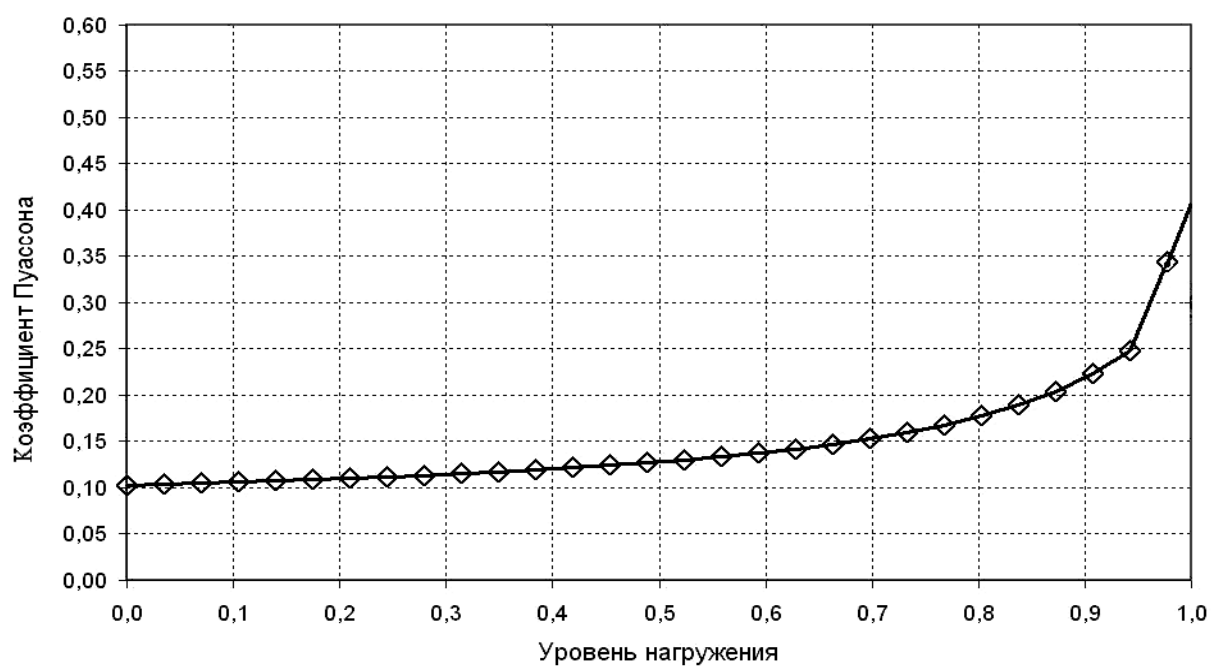


Рис. 4. Корреляционная зависимость «уровень нагружения – коэффициент Пуассона» для второй серии образцов

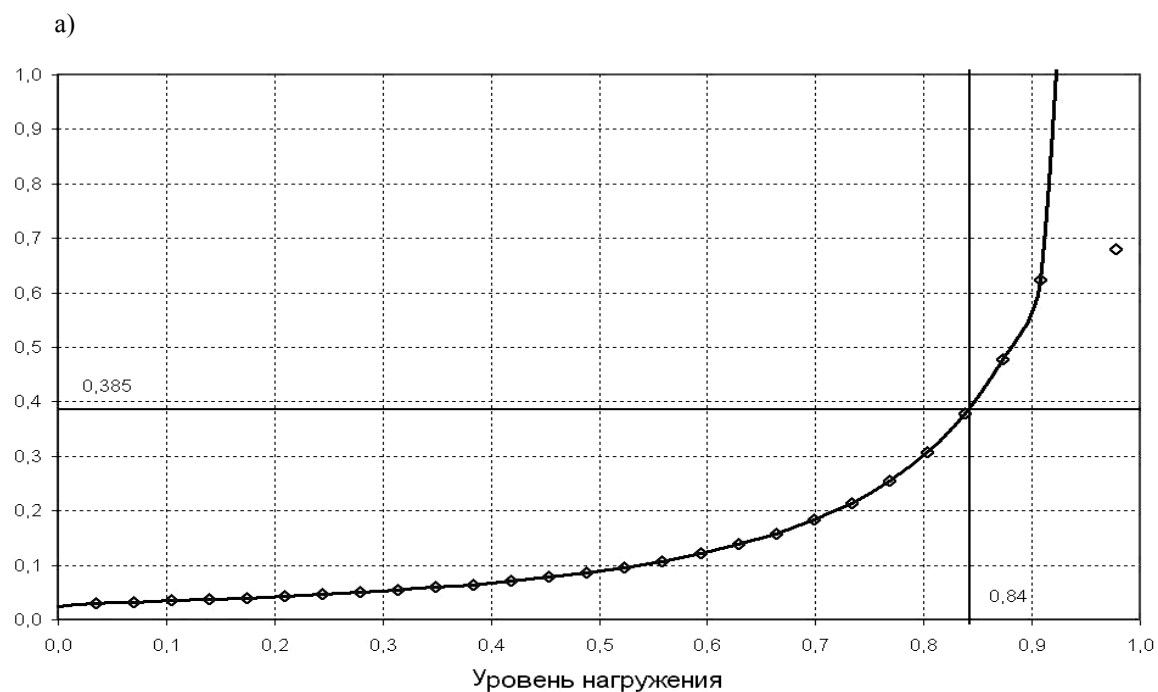
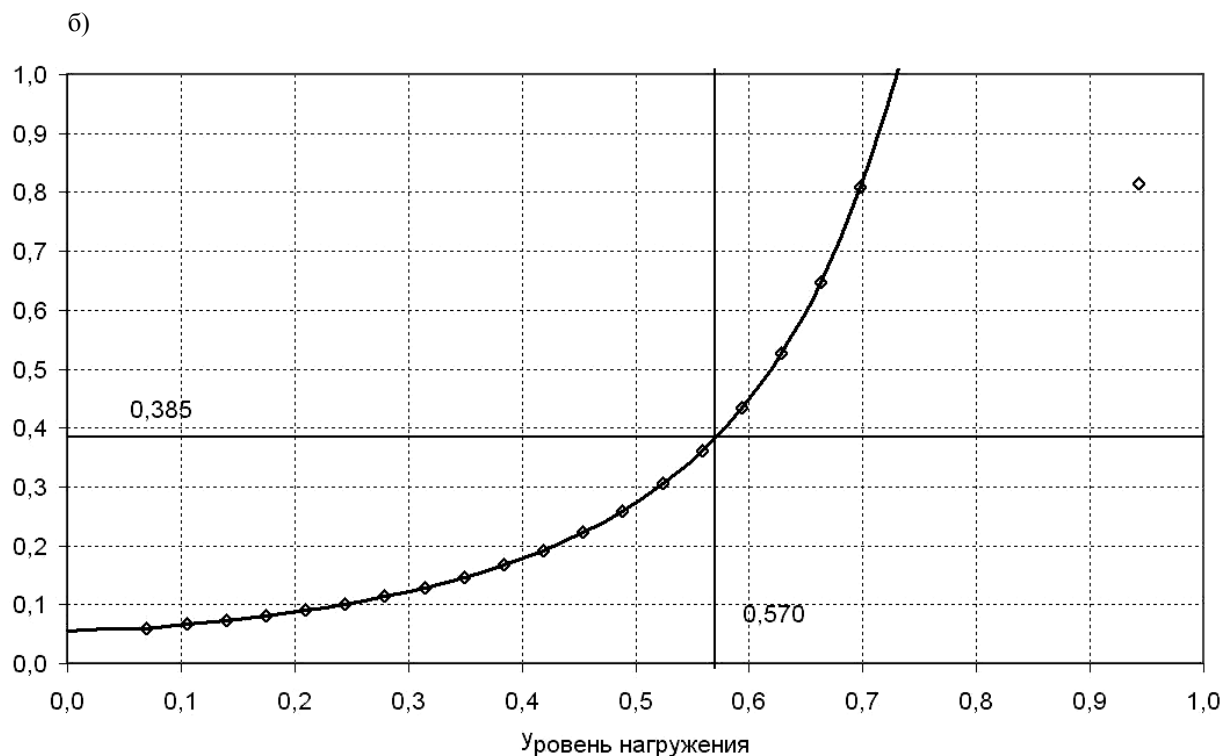


Рис. 5. Корреляционные зависимости: а – первая производная второй серии; б – вторая производная второй серии



Окончание рис. 5

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Семенюк, С. Д. К определению модуля упругости и упругопластических характеристик бетона при кратковременном центральном сжатии / С. Д. Семенюк // Вестн. БГТУ. Строительство и архитектура. – 2001. – № 1. – С. 40–44.
2. Семенюк, С. Д. Железобетонные пространственные фундаменты жилых и гражданских зданий на неравномерно деформируемом основании : монография / С. Д. Семенюк. – Могилёв : Белорус.-Рос. ун-т, 2003. – 269 с.
3. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М. : Высш. шк., 1977. – 479 с.

Статья сдана в редакцию 23 мая 2013 года

**Славик Денисович Семенюк**, д-р техн. наук, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-297-43-38-72.  
**Иван Сергеевич Фролков**, ассистент, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-22-09-27.  
**Мария Геннадьевна Мамочкина**, студентка, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-22-09-27.  
**Галина Анатольевна Дивакова**, студентка, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-22-09-27.

**Slavik Denisovich Semenyuk**, DSc (Engineering), Belarusian-Russian University. Tel.: +375-297-43-38-72.  
**Ivan Sergeyevich Frolkov**, assistant lecturer, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-22-09-27.  
**Mariya Gennadyevna Mamochkina**, student, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-22-09-27.  
**Galina Anatolyevna Divakova**, student, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-22-09-27.

## ОХРАНА ТРУДА. ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 504:001.12.18

*С. Д. Галюжин, А. С. Галюжин, О. М. Лобикова*

### НООСФЕРА: УТОПИЯ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

UDC 504:001.12.18

*S. D. Haliuzhyn, A. S. Haliuzhyn, O. M. Lobikova*

### NOOSPHERE: UTOPIA OR REALITY?

#### Аннотация

Проведен анализ процессов и проблем преобразования биосферы в ноосферу. Показано, что попытки создания искусственной биосферы пока неудачны. Отмечено, что у современной цивилизации есть два пути развития: или человечество будет продолжать наращивать добычу полезных ископаемых, неуклонно совершенствуя общество потребления; или перейдет к новому типу цивилизации, в котором его потребности не будут выходить за рамки возможностей биосферы.

#### Ключевые слова:

биосфера, теория ноосферы, искусственная биосфера, общество потребления, возможности биосферы.

#### Abstract

The analysis of processes and problems of transforming the biosphere into the noosphere has been done. It is shown that attempts to create the artificial biosphere have been unsuccessful so far. It is noted that modern civilization has two ways of development: either the humanity will continue to increase mining, steadily improving the consumer society, or we will go over to a new type of civilization, in which our needs will not go beyond the capabilities of the biosphere.

#### Key words:

biosphere, theory of noosphere, artificial biosphere, consumer society, biosphere capabilities.

Обострение экологических проблем поставило перед учеными два важнейших вопроса XXI в.

1 В каком состоянии находится биосфера Земли?

2 В каком направлении происходит развитие биосферы?

Крупнейшие ученые-экологи счи-

тают, что в результате деятельности человечества в биосфере Земли начали происходить необратимые изменения. Еще в начале XX в. гениальный русский ученый В. И. Вернадский в фундаментальном труде «Биосфера» писал: «Лик планеты – биосфера – химически резко меняется человеком сознательно и глав-

ным образом бессознательно» [1, с. 149].

Для оценки негативных возмущающих воздействий человека на биосферу рассмотрим процесс ее становления и развития.

Современные астрономия и астрофизика имеют ряд веских аргументов в пользу космогонической теории создания звездных систем путем конденсации облаков газопылевой межзвездной среды. Этот процесс продолжается и в настоящее время. По оценкам астрофизиков, возраст Солнца – около 5 млрд лет, а Земли – 4,5...4,7 млрд лет. Почти 1 млрд лет жизнь на Земле была представлена хемотрофными бактериями (архебактериями). Около 3,8...3,5 млрд лет назад начались значительные изменения в первичной биосфере, когда на смену хемотрофным бактериям (архебактериям), существующим за счет энергии химических реакций, пришли фотосинтезирующие цианобактерии (сине-зеленые водоросли), питающиеся неорганическими веществами и использующие энергию Солнца. В результате произошла **первая коренная перестройка** первичной биосферы. Атмосфера стала насыщаться кислородом и превратилась из восстановительной в окислительную. На Земле начали развиваться эукариоты (высшие животные и растения, одно- и многоклеточные водоросли, грибы и простейшие), способные потреблять кислород и эволюционировать.

На определенном этапе развития биосферы появился первобытный человек. Примерно 3...4 млн лет тому назад в тропическом африканском лесу, наряду с остальными человекообразными обезьянами, жили австралопитеки. Общепринято считать их прародителями современных людей. В это время произошли быстрые климатические изменения – похолодание. В результате площади тропических лесов стали стремительно сокращаться. Такие изменения привели к ужесточению борьбы за

ресурсы между близкими видами животных, употреблявшими растительную пищу. Предки современных шимпанзе, горилл и т. д. выиграли эту борьбу, а наши предки оказались в проигрыше. Оставшиеся в живых австралопитеки были вытеснены в саванну и должны были тоже погибнуть, поскольку не были приспособлены к условиям жизни в новой весьма опасной экологической нише. Но потенциал развития австралопитеков оказался достаточно высоким. В саванне не было деревьев, где можно было спастись от хищников, поэтому им пришлось встать на задние лапы, чтобы видеть своих врагов. Постепенно у австралопитеков начал появляться разум. Таким образом, после нескольких миллиардов лет развития жизнь на Земле стала **разумной**. Видимо, под воздействием внешних возмущений произошли изменения в генной структуре ДНК (ДНК – дезоксирибонуклеиновая кислота) прачеловека таким образом, что, выражаясь терминами кибернетики, у человека появились зачатки *саморазвивающегося интеллекта*. Скорее всего, причиной этого явилось жесткое ультрафиолетовое солнечное излучение, так как в саванне от него нельзя было спрятаться в тени деревьев.

Благодаря тому, что у австралопитеков освободились передние лапы, которые однажды стали руками, они со временем научились использовать подручные средства – прежде всего камень и палку. Поскольку плодов и корней в саванне было значительно меньше, чем в тропическом лесу, пришлось использовать мясную пищу, в результате, с течением времени, они сами превратились в агрессивных хищников.

Сумев пережить переселение и утвердившись в саванне, наши предки вступили в относительно спокойный период эволюционного развития. В течение этого периода, который длился несколько миллионов лет, произошло разделение австралопитеков на ряд вет-

вей: питекантропы, синантропы, неандертальцы и т. д. По-видимому, около ста тысяч лет тому назад среди них выделился и наш непосредственный предок — кроманьонец. Эволюционный процесс сопровождался развитием нервной системы и мозга. Существенным шагом в развитии человека явился переход к изготовлению орудий труда: дубинка усилила руку, обработанный камень заменил клык. Эволюция человека постепенно сменяется эволюцией создаваемых им орудий труда: биологическая эволюция — эволюцией технической. Это уже *Homo habilis* — **Человек умелый**. При этом человек еще не оторвался от остального живого мира, он стал лишь *первым среди равных*. Род его процветает, популяция растет, и люди заселяют уже весь земной шар. Причиной глобального расселения была нехватка продуктов питания в границах прежнего ареала.

Описанный этап антропогенеза проходил, вероятно, в условиях жесточайшей внутривидовой борьбы, которая определяла удивительную скорость биологической эволюции.

Развитие мозга сопровождалось как быстрым развитием используемых подручных средств, так и изобретением новых полезных навыков. Каменный топор и огонь были на данном этапе, вероятно, вершиной их творчества — самыми важными достижениями этих животных, которые уже во многом походили на человека. Но все же это были еще не люди, а только умные животные. Их жизнь полностью управлялась биосоциальными законами, как и жизнь других стадных животных. Таким образом, уже на заре своей истории человек доказал, что перспективы будущего развития не всегда имеет тот, кто окажется победителем в непрекращающейся борьбе за ресурсы [2, 3].

Расселение первобытных людей по территории всей планеты можно сравнить с эпохой великих географических

открытий. Около 10...15 тыс. лет назад человек полностью заселил современный ареал обитания, кроме Антарктиды, которая и тогда была покрыта льдами. Это было небывалое в истории Земли расселение биологического вида, который сумел приспособиться к различным климатическим и погодным условиям.

Новый этап материальной культуры связан с появлением *Homo sapiens* — **Человека разумного**. Человек захватил всю сушу. Он уже не первый среди равных, он возвышается над всем живым миром как *диктатор*. Для поддержания и роста популяции необходимо все больше и больше пищи. В результате в Европе были полностью уничтожены мамонт, степной зубр, гигантский олень, шерстистый носорог, пещерные лев и медведь; в Америке — мамонт, мегатерий, верблюды и другие виды животных. Неумеренное уничтожение крупных животных в конечном итоге привело к уменьшению пищевой базы и сокращению численности людей почти вдвое. Благодаря разуму, человек находит спасительный выход из создавшегося положения в принципиально новом способе добывания пищи — в ее производстве. Вступление в неолит (около 8...10 тыс. лет назад) связано с переходом от присваивающего типа хозяйства (охотники и собиратели) к производящему (земледелие и скотоводство). Окончание неолита характеризуется появлением металлических орудий труда и оружия.

Земледельческие цивилизации были связаны с долинами рек и могли существовать только в жестких пространственных рамках. Для них основополагающую роль играло четкое согласование своей деятельности с естественными природными циклами. Поэтому не случайно, что, добившись определенного уровня благосостояния, они в качестве высшей ценности принимали собственную цивилизацию со свойственными именно ей сохранением правил обще-

жития, ритмами, традициями и верованиями. Их не очень интересовали завоевания, поиски новых земель и рискованные начинания. Эти земледельческие цивилизации и стали прототипом тех цивилизаций, которые часто называют традиционными. Войны и боевые дружины не были определяющими в судьбе этих народов. Видимо, в рамках традиционных цивилизаций и родилась легенда о матриархате, поскольку роль войны в их жизни была третьестепенной. Гораздо больший статус в обществе занимали следующие ценности: сохранение своего очага, культура труда и быта, достигнутое благосостояние [2].

Охотники, жившие на грани выживания, постепенно превратились в пастухов. Возможность разведения домашних животных была тоже грандиозным завоеванием человека. Условия жизни скотоводов были совсем иными. Они вынуждены были стать кочевниками, и поиски новых земель, новых пастбищ, прежде всего, сделались главным содержанием их жизни. Но свободных пастбищ становилось все меньше и меньше, их приходилось отвоевывать, поэтому главными действующими лицами у этих народов считались пастух и воин. Доблесть, мужество и воинское мастерство ценились в неменьшей степени, чем умение пасти и сохранять скот: надо было отвоевывать и охранять пастбища. Их деятельность породила иной тип цивилизаций, которые качественно отличались от земледельческой. Видимо, они стали прародителями будущих техногенных цивилизаций.

*Неолитическая революция* привела к новому этапу взаимодействия человека с окружающей природой. Выгоды нового способа жизнеобеспечения были очевидны, поскольку скотоводство и земледелие давали в значительной степени гарантированную пищу в течение года. Выросла производительность труда, и освободившееся время человек использует на улучшение своего быта. Он

уже сам строит для себя жилище, производит одежду, обувь, посуду, украшения – возникает понятие собственности.

Преимущества этих нововведений, прямые выгоды были очевидны сразу, а скрытая опасность стала заметна намного позже. Суть ее в том, что нарушался баланс природных процессов. С появлением стад, отар, табунов домашних животных травы выедались и вытаптывались быстрее и уже не успевали восстанавливаться в прежнем объеме. Луга и степи стали превращаться в полупустыни, а полупустыни – в пустыни.

Аналогичные процессы происходили и в земледельческом хозяйстве. В средней полосе тогда практиковалось подсеčno-огневое земледелие: участок леса предварительно валили (подсекали), подсушивали и сжигали, полученная в результате зола применялась в качестве удобрений. Такое поле 2...3 года давало неплохой урожай, но затем его использование становилось нерентабельным. Еще несколько лет оно служило пастбищем, а затем забрасывалось. Выжигали следующий участок леса, и все повторялось снова.

Кроме того, монокультуры, выращиваемые человеком, создавали и создают до сих пор прекрасные условия для питания насекомых, грызунов. Так, сельское хозяйство, вооруженное современными средствами защиты растений, даже в настоящее время не может справиться с колорадским жуком и саранчой. Интенсивная хозяйственная деятельность человека приводила и к изменению природных условий: засолению и эрозии почвы, опустыниванию и в конечном итоге к деградации антропогенных (созданных человеком) экосистем.

Довольно поучителен пример неумелого хозяйствования в Вавилоне, который был в течение многих столетий культурной и экономической столицей Ближнего Востока. Основой сельского хозяйства Вавилонского царства была



система ирригации междуречья Тигра и Евфрата. В конце VI в. до н. э. царь Навуходоносор с целью увеличения орошаемой площади построил новый канал. Вода бралась из Евфрата, поступала к орошаемым землям, а излишки сбрасывались в море через Тигр. В результате скорость воды в Евфрате уменьшилась, и стали возрастать отложения взвешенных частиц в старой ирригационной сети. Сеть начала засоряться и выходить из строя. Так очередная победа над природой погубила великий город. К началу новой эры от Вавилона остались одни руины [3].

Дальнейшее совершенствование земледелия (орошение, селекция, использование отходов жизнедеятельности животных в качестве удобрений и т. д.) постепенно приводит к оседлому образу жизни. Появляется избыток продуктов питания, часть которого сохраняется про запас на неурожайный год, часть изымается в качестве налогов, а часть продается или меняется на изделия ремесленников, ювелиров и т. д. Создаются классы и сословия людей, непосредственно не участвующих в процессе производства продуктов питания. Эти люди селятся компактно, так как для их деятельности не нужны большие участки земли. Так возникают первые города. С этого времени начинается исторический период в жизни людей, именуемый эпохой **цивилизации**. Эпоха цивилизации ознаменована не только колоссальными достижениями человечества, позволившими существенно улучшить его среду обитания, но и, к сожалению, появлением и обострением вначале региональных, а затем и глобальных экологических проблем.

Таким образом, в конце неолита началась **вторая коренная перестройка** биосферы Земли, главенствующую роль в этом уже играл человек. Человек стал целенаправленно формировать искусственный кругооборот веществ в биосфере, т. е. искусственные биогео-

химические циклы. Вначале они были связаны только с агроценозами, т. е. с земледелием и скотоводством, но вскоре человек начал включать в круговорот веществ то, что было накоплено биосферой. Сначала это были металлы, а позднее и захороненные углеводороды – уголь, нефть, газ, сланцы. В послевоенные десятилетия человек добрался до запасов радиоактивных веществ нашей планеты, которые сформировались при ее рождении. Эти вещества, чуждые биосфере, тоже оказались вовлеченными в биогеохимические циклы. И чем дальше идет развитие человека, тем большую роль играют искусственные круговороты в функционировании биосферы, изменяя ее структуру.

Восторжествовал принцип Френсиса Бэкона: «Наука нужна для того, чтобы покорять Природу и ставить ее силы на службу человека». Он является определяющим и до сих пор. Несмотря на благие цели построения социализма, в советское время главенствующим был мичуринский принцип: «Мы не можем ожидать милостей от Природы, взять их у нее – наша задача». Эти два принципа практически ничем не отличаются, т. к. они провозглашают – ресурсы биосферы безграничны и можно их использовать столько, сколько нужно.

Изобретение во второй половине XVIII в. английским механиком Д. Уаттом парового двигателя положило начало индустриальной эпохи. Машины и механизмы начали проникать во все сферы деятельности человека. Потребление энергии стало быстро возрастать. Например, в Англии в первой половине XIX в. потребление энергии на одного человека в сутки составило около  $3,2 \cdot 10^5$  кДж (примерно 90 кВт·ч). В разгар промышленной революции (1850) энергопотребление человечества достигло  $(2 \dots 2,1) \cdot 10^{16}$  кДж/г. Человечество начало создавать искусственную среду обитания – **техносферу**. В экологическом энциклопедическом словаре дано

следующее определение этого понятия: «Техносфера (греч. *technē* – искусство, мастерство и *sphaira* – сфера, шар) – часть биосферы, преобразованная людьми с помощью прямого и косвенного воздействия технических средств в целях наилучшего соответствия социально-экономическим потребностям человечества» [4, с. 313].

К началу XX в. общая численность населения нашей планеты превысила 1,6 млрд человек, а суммарное энергопотребление достигло  $3,4 \cdot 10^{16}$  кДж/г. Прошедший век характеризуется резким ростом как суммарного, так и удельного энергопотребления. В 2012 г. население превысило 7 млрд человек, суммарное энергопотребление достигло  $5,5 \cdot 10^{17}$  кДж/г., а удельное энергопотребление –  $7,86 \cdot 10^7$  кДж/(г.чел.). Для сравнения, первобытный человек потреблял энергии почти в 100 раз меньше [5].

Бурное создание техносферы породило множество экологических проблем. Качественный скачок науки и техники в XX столетии привел к тому, что антропогенные воздействия на биосферу стали сопоставимы с природными экологическими факторами. Преобразования природных ландшафтов в города, промышленные комплексы и сельскохозяйственные системы охватили около 20 % суши. Антропогенный расход кислорода достиг 10 % от получаемого кислорода при фотосинтезе. В некоторых странах (США, ведущие страны Западной Европы) техногенное потребление кислорода стало превышать его производство растениями, расположенными на территории этих стран. Всемирная встреча на высшем уровне по устойчивому развитию, санкционированная ООН и состоявшаяся в Йоханнесбурге в августе–сентябре 2002 г., отметила дальнейшее обострение проблемы нищеты и ухудшение экологической обстановки.

В. И. Вернадский в первой половине прошлого века по этому поводу пи-

сал: «Долгие десятки тысяч лет косное вещество биосферы затрагивалось человеком лишь в степени, несравнимой с резким изменением окружающей его живой среды. Создался в результате этой работы новый лик Земли. Сейчас изменение проявляется все более резко с каждым десятилетием» [1, с. 228].

В результате сложилась парадоксальная ситуация: современная цивилизация достигла небывалых высот и в то же время оказалась на краю пропасти. Экологические проблемы в современном мире стали особенно острыми и вышли на первое место. Приобретя неограниченную власть над природой, люди по-варварски используют ее ресурсы. В чем же причины? Общие предки человечества – кроманьёны биологически сформировались во времена верхнего палеолита (40...12 тыс. лет назад). Они жили в окружении диких и свирепых зверей, в этих условиях формировалась их психика. Как уже отмечалось, к концу верхнего палеолита наши предки главенствовали в животном мире, видимо тогда и прекратилось совершенствование человека. Значит, современные психические и физиологические особенности современного человека есть результат приспособления к жизни в те эпохи [2]. Эти особенности абсолютно не соответствуют современным условиям технического сверхмощества и стремительного нарастания знаний в самых разнообразных сферах. Те биосоциальные законы, которые регулировали жизнь первобытного племени, неприемлемы в настоящее время. Это несоответствие человек должен уметь своевременно скомпенсировать новой нравственностью. Академик Н. Н. Моисеев в начале XXI в. говорил, что «в этом и состоит смысл общественной фазы эволюции общества, которое должно уметь вводить в атомный век и приучать жить в нём охотников за мамонтами» [2].

Испокон веков, со времен Платона,

а может быть, и с более древних времен, люди размышляли о своем будущем. Вплоть до конца XX в. выдающиеся мыслители создавали теории, позволяющие устранить противоречия между людьми, теории о том, как в некий «золотой век» будет построено общество, где каждый человек будет счастлив. Даже в величайшей Книге Бытия – Библии – в основном говорится об улучшении отношений между людьми, повышении их нравственности: «А я говорю вам: любите врагов ваших, благословляйте проклинающих вас, благотворите ненавидящих вас и молитесь за обижающих вас и гонящих вас» (от Матфея 5:44). И только во второй половине XX в., когда нарастание экологических проблем стало очевидным, появилось понимание того, что конфликт между человеком и природой становится главным.

Под впечатлением лекций В. И. Вернадского, прочитанных в Сорбонне (Париж) в 1922...1923 гг., французский математик и философ Э. Ле Руа начал разработку концепции перехода биосферы в новое состояние, когда определяющим фактором ее развития является разум человечества. Для обозначения этого нового состояния он ввел термин **«ноосфера»** (греч. *noos* – разум, *sphaira* – сфера, шар), т. е. в дословном переводе данный термин означает – сфера разума. Позднее вклад в становление теории о ноосфере внес французский геолог и палеонтолог П. Тейяр де Шарден. В современном понимании «Ноосфера – новое эволюционное состояние биосферы, при котором разумная деятельность человека становится решающим фактором ее развития» [6, с. 1062]. Однако основоположником теории ноосферы следует считать гениального русского ученого В. И. Вернадского. В результате анализа процессов, происходящих в биосфере в XX столетии, он сделал следующие обобщения: человек стал крупнейшей геологической силой; эволюция разума человека происходит значительно

быстрее по сравнению с эволюцией человека как биологического вида; человечество на нашей планете стало единым целым. В. И. Вернадский писал: «Лик планеты – биосфера – химически резко меняется человеком сознательно и главным образом бессознательно» [2, с. 149]. Оценивая резко возрастающую мощь цивилизации, он пришел к логическому выводу – человечество как разумная часть живого вещества планеты должна взять на себя ответственность за будущее биосферы. Переход биосферы в новое состояние В. И. Вернадский рассматривал как один из важнейших и неизбежных этапов приспособления человечества: «Человечество, взятое в целом, становится мощной геологической силой. И перед ним, перед его мыслью и трудом ставится вопрос о перестройке биосферы в интересах свободно мыслящего человечества как единого целого. Это новое состояние биосферы, к которому мы, не замечая этого, приближаемся, и есть «ноосфера»» [1, с. 148].

В. И. Вернадский четко представлял, что человечество находится только в начале процесса перехода к ноосфере. Он ясно осознавал, что усиливающееся давление человека на окружающую среду ведет к исчезновению многих видов, к изменению численных соотношений между другими видами. Природные экосистемы заменяются антропогенными, а в оставшихся – коренным образом перестраиваются биотические связи, упрощается структура трофических цепей. Он утверждал, что антропогенные экосистемы с биогеохимической и энергетической точек зрения обладают меньшей геохимической энергией и могут сохраняться только при условии поступления к ним дополнительной энергии со стороны человека. Тем не менее он был оптимистом. Его оптимизм базировался на ясном понимании того, что переход к ноосфере – единственный путь выживания человечества.

Дальнейшее развитие учение о ноосфере получило в трудах русских ученых М. М. Камшилова и Н. Н. Моисеева. Развивая теорию ноосферы, М. М. Камшилов отмечал, что «на наших глазах совершается революционный переход от эволюции, управляемой стихийными биологическими факторами (период биогенеза), к эволюции, управляемой сознанием, к периоду ноогенеза» [7, с. 232].

Под эпохой ноосферы Н. Н. Моисеев понимал эпоху, когда коллективный разум и коллективная воля достигнут высокого значимого уровня, достаточного, чтобы обеспечить гармоничное совместное развитие природы и общества [8]. В настоящее время широко используется термин «устойчивое развитие». По мнению академика Н. Н. Моисеева, «устойчивое развитие» – это стратегия переходного периода к такому состоянию общества и природы, которое именуется ноосферой. Это развитие общества, приемлемое для сохранения экологической ниши человека и выживания цивилизации. Поскольку экологической нишей человечества является вся биосфера, понятие «устойчивое развитие» он трактует как совместную, скоординированную эволюцию (коэволюцию) человека и биосферы. Разработка стратегии устойчивого развития – первый шаг к эпохе ноосферы. Поэтому он сформулировал **экологический и нравственный императивы**. Под экологическим императивом академик понимал «совокупность тех ограничений в активной деятельности людей, нарушение которых уже в ближайшие десятилетия может обернуться для человечества самыми катастрофическими последствиями». Однако Н. Н. Моисеев считал, что экологического императива недостаточно. Необходимо дополнить понятие устойчивого развития нравственным императивом, т. е. ограничить деятельность человека новыми нравст-

венными принципами. «Самое главное, – писал он, – должна быть изменена шкала ценностей. Я имею в виду переход от общества потребления к обществу творчества, как я бы назвал еще по-другому, к экологическому социализму» [9].

Сегодня надвигающийся экологический кризис очевиден. Ресурсы планеты уже не соответствуют всё возрастающим потребностям землян. Добыча углеводородного сырья перемещается в Северный Ледовитый океан. Кризис реален, не случайно, что даже политики начали обсуждать эти проблемы. Человечество впервые после неолитического кризиса стоит перед проблемой выживания. О возможных путях его развития высказано много разных гипотез, носящих, как правило, утопический характер. Согласно одной из них, перспектива человечества – его автотрофность. Понятие «автотрофность человечества» предложено В. И. Вернадским в 1937 г. для обозначения процесса получения человеком пищи и энергии за счет энергии Солнца без участия продуцентов: «Непосредственный синтез пищи, без посредничества организованных существ, как только он будет открыт, коренным образом изменит будущее человека» [10]. В России эту точку зрения активно пропагандировал К. Э. Циолковский. Успехи в области синтеза продуктов питания из неорганических веществ пока крайне незначительны.

В конце прошлого века была предпринята попытка создания искусственной биосферы (проект «Биосфера-2»). В пустыне Сонора (штат Аризона, США) было построено огромное герметичное стеклянное здание площадью 1,27 га и объемом 203 760 м<sup>3</sup> (рис. 1) [11]. Во внутрь поступала только солнечная энергия и была возможность поддерживать связь с внешним миром. Внутренняя площадь здания была разделена на три основные части.



Рис. 1. Основное здание для реализации проекта «Биосфера-2»

В первой разместились образцы пяти характерных биомов Земли: участок тропического леса, «океан» (бассейн с солёной водой), пустыня, саванна (с протекающей через неё «рекой») и болото. В них поселили отобранных ботаниками и зоологами представителей флоры и фауны. Во второй части здания находились системы жизнеобеспечения: четверть гектара для выращивания съедобных растений (139 видов), бассейны для рыбы и креветок, отсек биологической очистки сточных вод и сельскохозяйственная ферма. Третья часть была отведена под жилые отсеки (каждому – 33 м<sup>2</sup> с общей столовой и гостиной) и системы автоматизированного управления комплексом. Солнечные батареи обеспечивали комплекс электроэнергией. Эксперимент начался 26 сентября 1991 г., в нем участвовало восемь добровольцев – эконоавтов (четыре мужчины и четыре женщины).

Эксперимент должен был проверить возможность длительного существования людей в искусственной био-

сфере, например, при дальних космических полётах или на других планетах. Предполагалось, что комплекс будет функционировать автономно, так как были предусмотрены все условия для *круговорота веществ*. Вырабатывать кислород должны были растения. Предполагалось, что воду эконоавты будут получать из естественного круговорота с процессами биологического самоочищения, пищу будут обеспечивать растения и животные. Через полтора месяца после начала эксперимента появились первые проблемы. В искусственной атмосфере стали накапливаться избытки углекислого газа и снизилась концентрация кислорода до 14 %. Отмечались и другие тревожные явления. Микроорганизмы и насекомые начали размножаться в неожиданно больших количествах, вызывая непредвиденное потребление кислорода и уничтожение сельскохозяйственных культур (использование *ядохимикатов* не предусматривалось). Эконоавты стали испытывать некоторое недоедание. Появились про-

блемы со свиньями, которые не хотели размножаться и набирать вес, пришлось использовать их на мясо. Эконавтам удалось самим выращивать лишь около 85 % необходимых продуктов питания и они стали быстро терять в весе. Пришлось потреблять в сутки всего около 2 тыс. калорий. В результате в среднем каждый за 2 года похудел на 10 кг. У них было отмечено резкое падение содержания сахара в крови, снижение количества белых кровяных телец, холестерина и кровяного давления. Учёным пришлось пойти на нарушение условий эксперимента и начать поставку внутрь кислорода и продуктов. Эконавты всё же пробыли в искусственной биосфере намеченные 2 года, но в целом эксперимент оказался неудачным.

В марте 1994 г. в «Биосфере-2» начала работать вторая смена эконавтов, состоящая из пяти человек. Кроме того, там работали другие исследователи от нескольких суток до нескольких месяцев, полная изоляция их от внешней среды не производилась. Тем не менее экологическая обстановка в «Биосфере-2» все ухудшалась. Осенью 1994 г. и вторая смена специалистов была спешно эвакуирована, а здание – наглухо закрыто. В начале 1996 г. «Биосфера-2» была передана под научный надзор Колумбийского университета. Было решено прекратить эксперименты, поскольку было неясно, как решить проблему питания и сохранения неизменного состава воздуха.

Несмотря на неудачу, эти эксперименты показали, насколько тонки и уязвимы механизмы биосферы, обеспечивающие нашу жизнь. Хорошо, что рядом была «Биосфера-1», т. е. биосфера Земли, и эконавтам было куда вернуться. Поэтому от идей создания искусственных биосфер на Луне и Марсе пока пришлось отказаться.

Вернемся к теории ноосферы. Сегодня в массовом сознании прочно утвердился идеал, к которому стремится большинство людей мира. Это идеал материального благополучия. Для жителей го-

сударств «золотого миллиарда» – уровень жизни мультимиллионера с собственными яхтами, самолетами, виллами и даже собственными островами, для жителей остальных стран – это уровень жизни, достигнутый представителями среднего слоя западных стран. Такая философия усиленно насаждается американскими и западноевропейскими средствами массовой информации, а в последнее время – и российскими. Построение и развитие общества потребления стало глобальной идеей, к сожалению, овладевшей массами. Вместе с тем это глобальная фикция, самый грандиознейший обман в истории человечества. Следование по этому пути способно привести к разрушению цивилизации.

Во-первых, рост уровня потребления неизбежно ведет к увеличению вредных выбросов в окружающую среду. Так, на долю США приходится почти половина всех вредных выбросов на планете, хотя там проживает менее 5 % населения Земли. Следует отметить, что развитые страны дают более 75 % всех вредных выбросов, хотя в этих странах, как ни странно, называемых «цивилизованными», тратятся огромные средства на их очистку и утилизацию.

Во-вторых, наша планета имеет конечные размеры и, соответственно, объем природных ресурсов не является бесконечным. Запасы полезных ископаемых сокращаются значительно быстрее, чем прогнозировалось ранее. По оценкам крупнейших ученых мира – экспертов ООН, нынешний образ жизни приведет через 70...100 лет к истощению ряда важнейших ресурсов, необходимых для жизнеобеспечения людей, таких как нефть, природный газ, чистая пресная вода и чистый воздух.

Глава Международной конвенции «Хартия Земли» А. Аткиссон утверждает, что наша Земля рассчитана максимум на 2 млрд человек, в то время как нас уже к 2020 г. будет больше 9 млрд, а нагрузка людей на биосферу сейчас со-

ставляет 125 % из возможных 100 %.

Исследования, проведенные авторами, показывают, что биосфера после истощения угля нефти и природного газа без ущерба для биотических циклов может обеспечить энергией примерно 1,7 млрд человек [12].

Современная высокоразвитая технологическая цивилизация потеряла способность к саморегенерации, которой обладали более примитивные древние и средневековые общества. Если она рухнет в результате какого-либо катаклизма, то восстановить ее будет практически невозможно. Даже если человечество при этом выживет, оно не сможет вернуться назад, поскольку большинство запасов основных полезных ископаемых уже истощено до такой степени, что для их добычи потребуются сложные технологии, требующие металлоемкого оборудования и огромных энергозатрат. В случае гибели современной цивилизации новая сможет быть только аграрной, но никогда не станет промышленной. По сравнению с таким будущим качество жизни современного периода гораздо выше и, возможно, XXI в. будет признан впоследствии «золотым».

Таким образом, процесс перехода биосферы в ноосферу в настоящее время пока не имеет научно-технической основы. Эти исследования находятся лишь в стадии постановки вопроса.

Подводя итог сказанному, необходимо отметить, что у современной цивилизации есть два пути развития: человечество будет продолжать наращивать добычу полезных ископаемых, неуклонно совершенствуя общество потребления; человечество перейдет к новому типу цивилизации, в котором его потребности не будут выходить за рамки возможностей биосферы.

В первом случае человечество ожидает острая борьба за ресурсы, скорее всего, с применением силы, что и наблюдается в последнее время, общепланетарный экологический кризис, и в конечном счете – деградация человека как биологического вида. Это будет окончанием третьей перестройки биосферы.

Второй путь основывается на гипотезе о том, что человечество сможет опереться на свой коллективный разум и найти пути создания общества, способного к согласованной эволюции с биосферой, т. е. сможет перейти в эпоху ноосферы. Для этого необходимо решить как научно-технические, так и нравственно-философские задачи преобразования биосферы в ноосферу.

С трудом верится, что человечество выберет второй путь, поскольку анализ становления и развития человечества говорит об обратном. Но в этом случае Откровение Иоанна Богослова станет реальностью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вернадский, В. И. Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1989. – 261 с.
2. Моисеев, Н. Н. Судьба цивилизации. Путь разума / Н. Н. Моисеев. – М. : Яз. рус. культуры, 2000. – 223 с.
3. Гумилев, Л. Н. Этногенез и биосфера Земли / Л. Н. Гумилев. – М. : АСТ, 2010. – 560 с.
4. Дедю, И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. – Кишинев : МСЭ, 1990. – 408 с.
5. Галюжин, С. Д. Проблемы преобразования биосферы в ноосферу / С. Д. Галюжин, Д. С. Галюжин, О. М. Лобикова // Вестн. славянских вузов, 2011. – № 3. – С. 131–140.
6. Большой Российский энциклопедический словарь. – М. : Большая Рос. энцикл., 2006. – 1887 с.
7. Камшилов, М. М. Эволюция биосферы / М. М. Камшилов. – М. : Наука, 1979. – 256 с.
8. Моисеев, Н. Н. Системная организация биосферы и концепция коэволюции / Н. Н. Моисеев // Общественные науки и современность. – 2000. – № 2. – С. 123–130.
9. Моисеев, Н. Н. Естественнонаучное знание и гуманитарное мышление / Н. Н. Моисеев // Общественные науки и современность. – 1993. – № 2. – С. 63–75.

*Охрана труда. Охрана окружающей среды.  
Геоэкология*

10. **Вернадский, В. И.** Автотрофность человечества / В. И. Вернадский // Русский космизм : антология философской мысли : сб. тр. – М. : Педагогика-Пресс, 1993. – С. 288–303.
11. **Хеллвиг, Т.** Биосфера-2. Мифы и реальность / Т. Хеллвиг [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http : // www.russianwomenmagazine.com / russian / travel / biosphere.htm](http://www.russianwomenmagazine.com/russian/travel/biosphere.htm). – Дата доступа : 02.02.2013.
12. **Галюжин, С. Д.** Энергетическая проблема цивилизации / С. Д. Галюжин, Д. С. Галюжин, О. М. Лобикова // Вестн. Брянск. гос. техн. ун-та. – 2005. – № 3. – С. 85–90.

*Статья сдана в редакцию 24 июня 2013 года*

**Сергей Данилович Галюжин**, канд. техн. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-297-40-39-48.

**Александр Сергеевич Галюжин**, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-297-45-04-55.

**Ольга Михайловна Лобикова**, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-336-28-83-73.

**Sergey Danilovich Haliuzhyn**, PhD (Engineering), Associate Prof., Belarusian-Russian University. Tel.: +375-297-40-39-48.

**Aleksandr Sergeyevich Haliuzhyn**, senior lecturer, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-297-45-04-55.

**Olga Mikhailovna Lobikova**, senior lecturer, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-336-28-83-73.



## ЭКОНОМИКА. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 339.13

*Л. В. Наркевич, Е. И. Турченко*

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФАКТОРНЫХ ПАРАМЕТРОВ SWOT-АНАЛИЗА В УПРАВЛЕНИИ ТОРГОВОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ НА ПРИМЕРЕ ОАО «УНИВЕРМАГ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ»

UDC 339.13

*L. V. Narkevich, E. I. Turchenko*

### APPLICATION OF FACTOR PARAMETERS OF SWOT-ANALYSIS IN THE COMMERCIAL ORGANIZATION MANAGEMENT EXEMPLIFIED BY ОАО «TSENTRALNY» DEPARTMENT STORE

#### **Аннотация**

С помощью методики SWOT-анализа учтены вероятности появления благоприятных возможностей и угроз; установлены уровни влияния на деятельность организации внешних факторов, интенсивность сильных и слабых сторон и их воздействие на реализацию благоприятных возможностей и защиту от внешних угроз. Данная методика позволила обоснованно перейти от определения и оценки отдельных факторов, влияющих на достижение цели, к выбору наиболее существенных по всей совокупности частных факторов в их взаимосвязи и разработке эффективной стратегии развития рассматриваемого торгового предприятия.

#### **Ключевые слова:**

маркетинговые исследования, SWOT-анализ, критерии, эффективность.

#### **Abstract**

With the help of methods of the SWOT-analysis, the probabilities of favorable opportunities and threats were considered; levels of influence of external factors on the organization activity were set; the intensity of strengths and weaknesses and their impact on the implementation of favorable opportunities and protection against possible external threats were determined. This technique allowed moving reasonably from the identification and evaluation of individual factors effecting the achievement of the goal, to the selection of the most significant interrelated specific factors and the elaboration of effective strategies for the development of the commercial enterprise under consideration.

#### **Key words:**

marketing research, SWOT-analysis, criteria, efficiency.

Основная функция торговой организации заключается в продаже товаров потребителям, которая сопровождается превращением товарной формы стоимости в денежную. Правильная организация коммерческой деятельности пред-

полагает выявление задач по управлению торгово-оперативными процессами, трудовыми ресурсами, определение на основе этих задач функций и составляющих их операций, структуры управления.

Структурам торговой организации необходимо своевременно и адекватно реагировать на изменения, происходящие на рынке, что требует постоянного совершенствования технологии коммерческой работы [1].

Анализ маркетинговой среды играет огромную роль, т. к. на основе сначала ступенчатого, а затем комплексного ее анализа вскрываются закономерности развития события, факторов. Они являются императивными для бизнеса, и их прогнозирование обеспечивает гибкий подход к развитию предприятия и дает альтернативные возможности при разных условиях среды.

Для совместного анализа внешней и внутренней среды организации был использован SWOT-анализ, который представляет собой удобный инструмент структурного описания стратегических характеристик среды предприятия [2, с. 355]. Цель SWOT-анализа – сформулировать основные направления развития организации через систематизацию имеющейся информации о сильных и слабых сторонах, а также о потенциальных возможностях и угрозах.

Задачи SWOT-анализа:

- выявить сильные и слабые стороны по сравнению с конкурентами;
- выявить возможности и угрозы внешней среды;

– связать сильные и слабые стороны с возможностями и угрозами.

Анализ внутренней среды рекомендуется начинать с обзора сильных и слабых сторон, а также угроз и возможностей. В этих целях сотрудникам ОАО «Универмаг «Центральный» было предложено выбрать из перечня характеристик преимущества, недостатки организации, возможности и угрозы внешней среды. Использовалась форма анкетного опроса, в котором приняли участие 30 сотрудников данной торговой организации. Их задача состояла в оценке состояния организации методом SWOT-анализа. Оценивалась важность факторов по 5-балльной системе (5 – наиболее важный фактор, 1 – наименее важный). Результатом являлось отклонение количественных оценок сильных и слабых сторон. Далее рассматривалось процентное соотношение результата и количественной оценки преимуществ. Результаты балльной оценки сотрудников были суммированы по соответствующим показателям (табл. 1 и 2).

Методическое обоснование SWOT-анализа требует более детального изучения среды торговой организации, для чего были рассмотрены наиболее значимые факторы внутренней и внешней среды, набравшие 25 и более баллов (табл. 3...6).

Табл. 1. Характеристики организации

| Фактор                                          | Сильная сторона (преимущества) | Слабая сторона (недостатки) | Результат | Процентное соотношение |
|-------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------|
| 1                                               | 2                              | 3                           | 4         | 5                      |
| Компетентность менеджеров                       | 18                             | 33                          | –15       | –3,34                  |
| Урегулирование конфликтных ситуаций с клиентами | 37                             | 10                          | 27        | 6,01                   |
| Быстрота обслуживания                           | 23                             | 34                          | –11       | –2,45                  |
| Цены на услуги                                  | 49                             | 0                           | 49        | 10,91                  |
| Организационная структура                       | 6                              | 33                          | –27       | –6,01                  |
| Реклама деятельности                            | 4                              | 46                          | –42       | –9,35                  |

Окончание табл. 1

| 1                                           | 2  | 3  | 4   | 5     |
|---------------------------------------------|----|----|-----|-------|
| Материальная база (оборудование, оснащение) | 33 | 8  | 25  | 5,57  |
| Репутация                                   | 24 | 15 | 9   | 2,00  |
| Наличие офисных площадей                    | 28 | 15 | 13  | 2,90  |
| Знание рынка                                | 30 | 16 | 14  | 3,12  |
| Качество обслуживания клиентов              | 16 | 35 | -19 | -4,23 |
| Географическое расположение                 | 32 | 11 | 21  | 4,68  |
| Ассортимент услуг                           | 39 | 9  | 30  | 6,68  |
| Специализация деятельности                  | 31 | 10 | 21  | 4,68  |
| Режим работы                                | 44 | 0  | 44  | 9,80  |
| Собственные технологии                      | 9  | 20 | -11 | -2,45 |

Табл. 2. Характеристики среды

| Фактор                            | Сильная сторона (преимущества) | Слабая сторона (недостатки) | Результат | Процентное соотношение |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------|------------------------|
| Покупательская способность        | 47                             | 5                           | 42        | 15,85                  |
| Предприятия-конкуренты            | 4                              | 36                          | -32       | -12,08                 |
| Изменение объема рынка            | 37                             | 0                           | 37        | 13,96                  |
| Законодательные политические силы | 9                              | 35                          | -26       | -9,81                  |
| Влияние вышестоящих органов       | 28                             | 11                          | 17        | 6,42                   |
| Уровень инфляции                  | 7                              | 25                          | -18       | -6,79                  |
| Время года (сезонность)           | 9                              | 29                          | -20       | -7,55                  |

Табл. 3. Наиболее значимые преимущества

| Фактор                                          | Результат | Описание                                                                                       |
|-------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Цены на услуги                                  | 49        | Невысокие цены считаются сильным преимуществом организации                                     |
| Режим работы                                    | 44        | Удачный режим работы оценивается как преимущество                                              |
| Ассортимент услуг                               | 30        | Широкий ассортимент оценивается как преимущество                                               |
| Урегулирование конфликтных ситуаций с клиентами | 27        | Специалисты оценивают преимущество организации в умении разрешать спорные ситуации с клиентами |
| Материальная база (оборудование, оснащение)     | 25        | Материальная база и оснащение являются преимуществами организации                              |

Табл. 4. Наиболее значимые недостатки

| Фактор                    | Результат | Описание                                                                                                                                                                                   |
|---------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Реклама деятельности      | –42       | Реклама слабая                                                                                                                                                                             |
| Мотивация сотрудников     | –30       | Мотивация сотрудников недостаточна, это недостаток в работе организации                                                                                                                    |
| Организационная структура | –25       | Организационная структура затрудняет взаимодействие между сотрудниками и руководством. Много функций розничной торговли «висят в воздухе» – не закреплены за специалистами или отсутствуют |

Табл. 5. Наиболее значимые возможности

| Фактор                     | Результат | Описание                                                                                       |
|----------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Покупательская способность | 42        | Рост покупательской способности оценивается как наиболее значимая возможность для деятельности |
| Изменение объема рынка     | 37        | Увеличение объема рынка также является хорошей возможностью                                    |

Табл. 6. Наиболее значимые угрозы

| Фактор                 | Результат | Описание                                                                                                                                 |
|------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Предприятия-конкуренты | –32       | Предприятия-конкуренты на растущем рынке оцениваются как угроза розничной торговле (в то же время это может быть возможностью для роста) |
| Законодательные силы   | –26       | Государственные регулирующие органы представляют угрозу из-за проверок                                                                   |

Для того чтобы сопоставить возможности внешней среды с сильными и слабыми сторонами организации, было выявлено, какие из возможностей внешней среды можно эффективно использовать за счет сильных сторон (преимуществ) организации (табл. 7) [3, с. 118].

Эти преимущества должны стать приоритетными в развитии организации, т. к. они способствуют эффективному использованию возможностей внешней среды. Также было выявлено, какие из возможностей внешней среды недоиспользуются из-за недостатков организации (табл. 8).

В результате анализа внешней и

внутренней среды были выявлены и проанализированы наиболее важные факторы, влияющие на развитие организации. С их помощью были определены ее сильные и слабые стороны (табл. 9 и 10).

Исходя из результатов анализа был сформулирован сценарий совершенствования организации торговой деятельности на ОАО «Универмаг «Центральный». Для этого для каждого объекта были определены возможные стратегии его реформирования и цели, которые организация может поставить в планируемом периоде, а также подразделения, которые могут быть полезны в достижении результата (табл. 11).

Табл. 7. Сопоставление возможностей внешней среды с преимуществами организации

| Возможность                | Сильная сторона организации (преимущества)      | Характер взаимосвязи                                                                                 |
|----------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Покупательская способность | Урегулирование конфликтных ситуаций с клиентами | За счет бесконфликтной работы с клиентами можно увеличить количество рекомендаций, повторных заказов |
|                            | Цены на услуги                                  | За счет низких цен можно привлечь дополнительных клиентов                                            |
|                            | Ассортимент услуг                               | Ассортимент услуг привлекает дополнительных клиентов и увеличивает заказ                             |
|                            | Режим работы                                    | Режим работы способствует притоку дополнительных клиентов                                            |
| Изменение объема рынка     | Цены на услуги                                  | Привлекательная цена способствует увеличению рынка сбыта                                             |
|                            | Материальная база компании                      | За счет хорошей материальной базы можно расширить долю рынка (увеличить предложение услуг)           |
|                            | Ассортимент услуг                               | Ассортимент услуг привлекает дополнительные объемы и увеличивает заказ                               |

Табл. 8. Сопоставление возможностей внешней среды с недостатками организации

| Возможность                | Слабая сторона (недостатки) | Характер взаимосвязи                                                                                                                                                |
|----------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Покупательская способность | Реклама деятельности        | Слабая реклама не способствует привлечению дополнительных клиентов                                                                                                  |
|                            | Мотивация сотрудников       | Неорганизованность и отсутствие мотивов у персонала могут отпугнуть потенциальных клиентов, уменьшить величину заказа из-за недостаточно качественного обслуживания |

Табл. 9. Окончательная матрица SWOT-анализа

| Сильная сторона                     | Слабая сторона            |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Изменение объема рынка              | Реклама деятельности      |
| Режим работы                        | Организационная структура |
| Ассортимент услуг                   | Мотивация сотрудников     |
| Урегулирование конфликтных ситуаций |                           |
| Материальная база (оборудование)    |                           |

Табл. 10. Матрица SWOT-анализа

| Возможность                | Угроза                            |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Покупательская способность | Предприятия-конкуренты            |
| Цены на услуги             | Законодательные политические силы |

Табл. 11. Стратегии реформирования ОАО «Универмаг «Центральный»

| Объект                                          | Возможная стратегия реформирования                                                                            | Подразделение в структуре управления        |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Цены на услуги                                  | Поддержание цен на прежнем уровне<br>Снижение розничных цен                                                   | Отдел продаж                                |
| Режим работы                                    | Изменение режима работы в сторону более удобного для клиентов                                                 | Администрация                               |
| Ассортимент услуг                               | Расширение ассортимента<br>Построение управления ассортиментом услуг                                          | Отдел продаж                                |
| Урегулирование конфликтных ситуаций с клиентами | Повышение качества работы с клиентами<br>Обучение менеджеров работе с возражениями<br>Обучение технике продаж | Отдел продаж<br>Отдел управления персоналом |
| Материальная база                               | Повышение оснащенности                                                                                        | Отдел продаж                                |
| Известность торговой марки                      | Повышение известности                                                                                         | Отдел маркетинга/рекламы                    |
| Реклама деятельности                            | Повышение известности                                                                                         | Отдел маркетинга/рекламы                    |
| Организационная структура                       | Оптимизация организационной структуры                                                                         | Администрация                               |
| Мотивация сотрудников                           | Разработка системы мотивации персонала                                                                        | Администрация                               |

Некоторые факторы менее значимы и не были рассмотрены, хотя имеют связь с указанными:

– урегулирование конфликтов с покупателями зависит от:

компетентности менеджеров +  
+ быстроты обслуживания +  
+ качества обслуживания +  
+ репутации компании;

– мотивация сотрудников зависит от:

репутации компании + организационной структуры + материальной базы компании + известности организации +  
+ режима работы;

– известность организации зависит от:

географического расположения торговых точек + наличия торговых площадей.

Таким образом, можно сказать, что маркетинг – определяющее звено в развитии дальнейшей деятельности организации. Рынок достаточно насыщен, и не только теми предприятиями, которые могут предложить качественные услуги, поэтому разработка определенного маркетингового плана является наиболее актуальной задачей для ОАО «Универмаг «Центральный» на сегодняшний день.

Слабые стороны деятельности универмага, выявленные в процессе проведения SWOT-анализа, позволяют сделать вывод о недостаточной работе маркетинговой службы. Описанные выше проблемы при отсутствии действия со стороны данной службы могут привести к отрицательным последствиям. В случае же начала работы по устранению выявленных недостатков в организации деятельности предприятия и стимулировании сбыта ожидается значительное увеличение объемов продаж и доли рынка, которую предприятие за-

нимает в настоящее время [4, с. 218].

Анализ маркетинговой среды показал возможные направления развития ОАО «Универмаг «Центральный» и может стать предпосылкой к разработке маркетингового плана организации и активизации коммерческой деятельности.

Повысить эффективность коммерческой деятельности можно в результате:

- увеличения объема реализации товаров и оказания услуг;
- повышения качества торговых услуг.

Целесообразно процесс управления коммерческой деятельностью нацелить на выполнение следующих задач:

- совершенствование структуры организации;
- осуществление эффективной ценовой политики, дифференцированной по отношению к отдельным категориям покупателей;
- совершенствование рекламной деятельности, повышение эффективности отдельных рекламных мероприятий;
- осуществление систематического контроля за работой и взаимодействием различных служб организации;
- уделение внимания обучению и подготовке кадров, повышению их квалификации для эффективного использования трудовых ресурсов;
- повышение квалификации работников, сопровождающееся ростом производительности труда;
- разработка и введение эффективной системы материального стимулирования персонала, тесно увязанной с основными результатами хозяйственной деятельности и экономией ресурсов.

Основными принципами организации этих процессов в ОАО «Универмаг «Центральный» должны быть:

- обеспечение комплексного подхода к выработке оптимальных вариантов продажи товаров;
- обеспечение наилучших условий выбора товаров, экономия времени

покупателей, высокий уровень торгового обслуживания;

- достижение оптимальной экономической эффективности технологического процесса путем ускорения оборачиваемости товаров, экономии труда, роста его производительности, снижения издержек обращения.

Эти факторы определяют динамичность торгового и технологического процесса.

Повысить эффективность коммерческой деятельности можно посредством следующих мероприятий:

- упорядочения организационной структуры управления;
- осуществления эффективной ценовой политики, дифференцированной по отношению к отдельным категориям покупателей;
- совершенствования рекламной деятельности, повышения эффективности отдельных рекламных мероприятий;
- обеспечения достаточной широты и высокой устойчивости ассортимента товаров;
- построения эффективной системы материального стимулирования персонала, тесно увязанной с основными результатами хозяйственной деятельности организации и экономией ресурсов.

Мотивация включает все виды маркетинговой деятельности: разработку концепции маркетинга, информационное обеспечение, исследование рынка, стимулирование повышения конкурентоспособности товара, организацию деятельности всех подразделений торгового предприятия с позиций маркетинга, рекламу, товародвижение, планирование и контроль коммерческой деятельности. Средства на мотивацию по каждому направлению могут состоять из двух частей: оплаты всех расходов по решению данной задачи (например, оплаты маркетинговых исследований, рекламы и т. п.) и дополнительной оплаты

или премирования работников различных подразделений предприятия, участвующих в реализации концепции маркетинга. Выполнять любую работу с ориентацией на потребителя очень трудно, поэтому качество и напряженность труда необходимо стимулировать. Размер премии определяется дифференцированно. Кроме материального стимулирования, широко используются и моральные стимулы [5, с. 88].

Стимулирование потребителей должно осуществляться с применением следующих методов и приемов:

- распространение образцов товаров среди потребителей бесплатно или на пробу, раздача в магазине, бесплатное приложение к другому образцу, к рекламному приложению и др.;

- купоны, дающие право потребителю на оговоренную экономию при покупке конкретного товара. Их можно рассылать по почте, печатать в газетах, рекламных приложениях;

- упаковки по льготной цене, когда по сниженной цене продают один вариант расфасовки товара, например, две пачки по одной цене, зубная щетка и бесплатная паста;

- премии – это товар, предлагаемый по довольно низкой цене или бесплатно в качестве поощрения за покупку другого товара. Премия может находиться и внутри упаковки;

- экспозиции и демонстрации товара в местах его продажи и другие методы стимулирования.

Коммерческие работники торговых организаций наиболее приближены к потребителю и знают спрос населения на товары. Поэтому они должны уметь оценивать эффективность работы универсама и информировать вышестоящих руководителей об избыточном или недостаточном спросе населения на те или иные товары, об оборачиваемости товаров (ускорении или замедлении) и возможных причинах ее изменения, о недостаточном обеспечении услугами. Оценка на этом уровне экономической эффективности работы организации очень важна и особенно актуальна в условиях рынка, так как полученная информация дает базу для оценки эффективности торговых сделок на ту или иную партию товаров, что определяет в конечном счете основу для разработки коммерческой стратегии на будущий период.

В ходе проведенного исследования были выявлены сильные и слабые стороны ОАО «Универмаг «Центральный», их взаимосвязь с возможностями и угрозами внешней среды, в результате чего была разработана стратегия дальнейшего развития данной торговой организации.

Таким образом, вышеописанная модель может быть использована для более эффективного управления организацией, в том числе продажами; для разработки системы сбалансированных показателей и стратегической карты развития торгового предприятия.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Swot-анализ // Википедия – Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://ru.wikipedia.org/wiki/SWOT>.
2. **Котлер, Ф.** Управление маркетингом / Ф. Котлер ; под ред. Л. А. Волковой, Ю. Н. Каптуревского. – СПб. : Питер, 2000. – 752 с.
3. **Еремин, В. В.** Организация и экономика предприятий в сфере коммерции : учеб. пособие / В. В. Еремин, В. Б. Косов. – Томск : Томск. политехн. ун-т, 2007. – 181 с.
4. **Дашков, Л. П.** Организация, технология и проектирование торговых предприятий : учебник для вузов / Л. П. Дашков, В. К. Памбухчианц. – 10-е изд., перераб. и доп. – М. : Дашков и К, 2012. – 512 с.



5. **Захарова, Ю. А.** Торговый маркетинг: эффективная организация продаж : практ. пособие / Ю. А. Захарова. – М. : Дашков и К, 2011. – 136 с.

*Статья сдана в редакцию 2 апреля 2013 года*

**Лариса Владимировна Наркевич**, канд. экон. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-31-06-00.

**Елена Игоревна Турченко**, студентка, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-27-60-14. E-mail: lenka\_08.04@mail.ru.

**Larisa Vladimirovna Narkevich**, PhD (Economics), Associate Prof., Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-31-06-00.

**Elena Igorevna Turchenko**, student, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-27-60-14. E-mail: lenka\_08.04@mail.ru.

---

УДК 338.2:339.142

*Л. В. Наркевич, А. Н. Хроменкова*

## **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ПОДДЕРЖКА ПЛАНИРОВАНИЯ ТОВАРООБОРОТА ОАО «УНИВЕРМАГ «ЦЕНТРАЛЬНЫЙ»**

---

UDC 338.2:339.142

*L. V. Narkevich, A. N. Khromenkova*

## **ANALYTICAL SUPPORT FOR PLANNING GOODS TURNOVER AT OAO «TSENTRALNY» DEPARTMENT STORE**

---

### **Аннотация**

Приведено аналитическое обоснование товарооборота торговой организации в рамках его планирования. Был использован метод скользящей средней как широко известный способ сглаживания временного ряда, наиболее востребованный и эффективный в современных условиях функционирования исследуемой торговой организации.

### **Ключевые слова:**

планирование, анализ, товарооборот, торговая организация, выполнение плана, метод скользящей средней.

### **Abstract**

The paper gives the analytical substantiation of goods turnover of a commercial organization as part of its planning procedure. The moving average method was used as a widely known method of smoothing time series data, and it is the most appropriate and effective method in current operating conditions of the commercial organization under study.

### **Key words:**

planning, analysis, goods turnover, commercial organization, execution of plan, moving average method.

---

План товарооборота является одним из важнейших разделов стратегического и оперативного планирования торговой организации. Тщательное планирование товарооборота помогает предприятию предвидеть изменения внешней и внутренней среды и оперативно реагировать на них, а также быть готовым к форс-мажорным обстоятельствам. Для того чтобы план товарооборота содержал достаточно точные и реальные показатели, при его разработке следует учитывать определенные принципы.

Во-первых, планирование должно основываться на учете и анализе результатов предыдущей деятельности.

Во-вторых, план продажи должен быть реально осуществимым, так как является управленческим инструментом, основой для планирования и разработки товарной политики предприятия, основных показателей хозяйственной деятельности [1].

Планирование товарооборота может осуществляться в соответствии с двумя подходами. Согласно первому подходу руководство торгового предприятия определяет цели и задачи планирования и его плановые показатели. Затем эти показатели в более детализированном виде распределяют по структуре реализации и структурным подразделениям предприятия (филиалам, сек-

циям, отделам). Второй подход предполагает обратные действия, т. е. расчет показателей реализации проводится по структуре товарооборота и структурным подразделениям, а затем эти данные сводятся в единый план товарооборота предприятия.

На практике целесообразно использовать оба подхода, поскольку планирование является текущим и непрерывным процессом, требующим постоянной координации планов и их корректировки в ходе реализации.

Важное направление в процессе планирования – всесторонний анализ товарооборота универсама в предплановом периоде [2].

Объектом исследования выступает торговая организация ОАО «Универмаг «Центральный». Видами деятельности универсама являются: розничная и оптовая торговля; общественное питание;

хранение и складирование; работа ломбарда; переделка швейных изделий.

По товарному ассортименту универсама – это одно из немногих торговых предприятий в городе, где можно купить почти все товары отечественного производства, в том числе выпускаемые предприятиями г. Могилева и Могилевской области. По ценовому уровню они относятся к среднему уровню цен.

Анализ розничного товарооборота был начат с изучения его динамики в целом по предприятию, которую рассматривают не только в сравнении с данными прошлого года, но и с фактическими показателями за ряд лет. Была изучена динамика валового товарооборота предприятия без учета налогов за 2005...2011 гг. Аналитические данные по ОАО «Универмаг «Центральный» приведены в табл. 1.

Табл. 1. Динамика валового товарооборота за 2005...2011 гг.

| Год  | Валовой товарооборот, млн р. |                      | Цепной темп роста товарооборота, % |                      | Базисный темп роста товарооборота, % |                      |
|------|------------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|----------------------|
|      | в действующих ценах          | в сопоставимых ценах | в действующих ценах                | в сопоставимых ценах | в действующих ценах                  | в сопоставимых ценах |
| 2005 | 16 957,10                    | 16 957,10            | —                                  | —                    | —                                    | —                    |
| 2006 | 19 898,50                    | 18 424,54            | 117,35                             | 108,65               | 117,35                               | 108,65               |
| 2007 | 22 815,80                    | 19 817,77            | 114,66                             | 107,56               | 134,55                               | 116,87               |
| 2008 | 32 381,70                    | 25 090,72            | 141,93                             | 126,61               | 190,96                               | 147,97               |
| 2009 | 33 840,50                    | 22 781,11            | 104,51                             | 90,79                | 199,57                               | 134,35               |
| 2010 | 48 351,88                    | 26 210,50            | 142,88                             | 115,05               | 285,14                               | 154,57               |
| 2011 | 95 852,89                    | 24 896,87            | 198,24                             | 94,99                | 565,27                               | 146,82               |

На основании табл. 1 можно сделать вывод, что в 2005...2011 гг. наблюдалась положительная динамика в действующих ценах, чего нельзя сказать о динамике в сопоставимых ценах (в ценах 2005 г.); в 2011 г. цепной темп роста не достиг отметки в 100 % и составил 94,99 %.

На рис. 1 получена линейная линия тренда на основании данных о товарообороте в действующих ценах за 2005...2011 гг.

Анализ динамики розничного товарооборота необходимо проводить не только за год, но и по месяцам и кварталам. Такой анализ позволяет установить, как ритмично развивается розничная реализация, как равномерно удовлетворяется спрос покупателей. Результаты расчетов внесены в табл. 2, из которой видно, что розничный товарооборот по месяцам внутри кварталов распределяется практически равномерно. Наиболее напряженными для предприятия в

рассматриваемом временном интервале явились следующие месяцы: август, сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь. Равномерность развития товарооборота

объясняется влиянием факторов внешней среды, менталитетом населения и специализацией ассортимента реализуемых товаров.

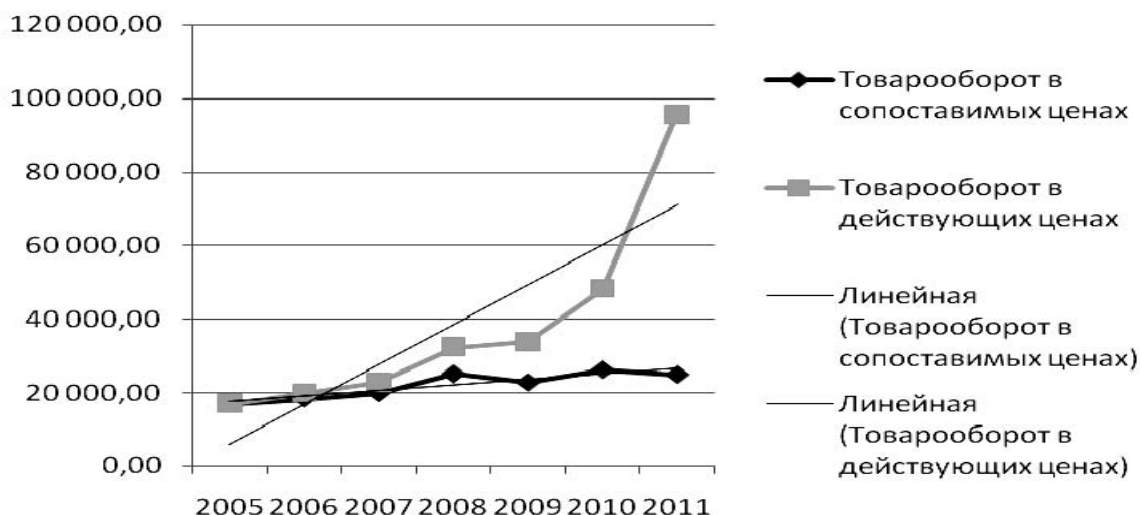


Рис. 1. График исходных данных и линейной линии тренда

Анализ динамики розничного товарооборота необходимо проводить не только за год, но и по месяцам и кварталам. Такой анализ позволяет установить, как ритмично развивается розничная реализация, как равномерно удовлетворяется спрос покупателей. Результаты расчетов внесены в табл. 2, из которой видно, что розничный товарооборот по месяцам внутри кварталов распределяется практически равномерно. Наиболее напряженными для предприятия в рассматриваемом временном интервале явились следующие месяцы: август, сентябрь, октябрь, ноябрь, декабрь. Равномерность развития товарооборота объясняется влиянием факторов внешней среды, менталитетом населения и специализацией ассортимента реализуемых товаров.

Наблюдался рост товарооборота по всем кварталам, наибольший прирост отмечен в четвертом квартале в размере 19831,78 млн р. Повышенный спрос на товары анализируемой организации в

четвертом квартале (октябрь, ноябрь, декабрь) формируется в преддверии новогодних праздников.

Сезонность в торговле – сложное социально-экономическое явление. Она непрерывно модифицируется: смещаются периоды увеличения и уменьшения реализации, изменяется степень колеблемости сезонной волны (табл. 3).

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что валовой товарооборот по кварталам распределяется практически равномерно. Наибольший прирост его получен, в рассматриваемом интервале, в третьем (15550,90 млн р. или 122,80 %) и четвертом (19831,80 млн р. или 125,30 %) кварталах.

На основании табл. 4 можно сделать вывод, что в действующих ценах основная доля товарооборота приходилась на второе полугодие: в 2010 г. – 59 % (26,20 + 32,73), а в 2011 г. – 66,62 % (29,43 + 37,19); именно в третьем и четвертом кварталах наблюдалась положительная динамика.

Табл. 2. Анализ структуры товарооборота ОАО «Универмаг «Центральный» по месяцам за 2010...2011 гг.

| Период               | Товарооборот |          | Удельный вес, % |         | Отклонение | Темп изменения, % |
|----------------------|--------------|----------|-----------------|---------|------------|-------------------|
|                      | 2010 г.      | 2011 г.  | 2010 г.         | 2011 г. |            |                   |
| Январь               | 3190,40      | 4457,10  | 6,60            | 4,65    | 1266,76    | 139,71            |
| Февраль              | 3304,30      | 4312,60  | 6,83            | 4,50    | 1008,27    | 130,51            |
| Март                 | 3970,90      | 5064,80  | 8,21            | 5,28    | 1093,94    | 127,55            |
| Итого за I квартал   | 10465,60     | 13834,60 | 21,64           | 14,43   | 3368,97    | 132,19            |
| Апрель               | 3198,00      | 4771,40  | 6,61            | 4,98    | 1573,42    | 149,20            |
| Май                  | 3006,70      | 7120,40  | 6,22            | 7,43    | 4113,70    | 236,82            |
| Июнь                 | 3189,70      | 6266,50  | 6,60            | 6,54    | 3076,80    | 196,46            |
| Итого за II квартал  | 9394,40      | 18158,30 | 19,43           | 18,94   | 8763,92    | 193,29            |
| Июль                 | 3609,30      | 7563,50  | 7,47            | 7,89    | 3954,15    | 209,55            |
| Август               | 4832,30      | 10540,50 | 10,00           | 11,00   | 5708,25    | 218,13            |
| Сентябрь             | 4220,70      | 10109,20 | 8,73            | 10,55   | 5888,46    | 239,51            |
| Итого за III квартал | 12662,30     | 28213,20 | 26,20           | 29,43   | 15550,86   | 222,81            |
| Октябрь              | 4551,90      | 10984,40 | 9,42            | 11,46   | 6432,50    | 241,32            |
| Ноябрь               | 4631,70      | 10406,90 | 9,58            | 10,86   | 5775,23    | 224,69            |
| Декабрь              | 6639,40      | 14263,50 | 13,73           | 14,88   | 7624,05    | 214,83            |
| Итого за IV квартал  | 15823,00     | 35654,80 | 32,73           | 37,19   | 19831,78   | 225,34            |
| Всего за год         | 48345,30     | 95860,80 | 100,00          | 100,00  | 47515,53   | 198,28            |

Табл. 3. Ритмичность развития розничного товарооборота за 2010...2011 гг. в действующих ценах  
В миллионах рублей

| Период           | 2010 г.  | 2011 г.  | Отклонение | Темп изменения, % |
|------------------|----------|----------|------------|-------------------|
| I квартал        | 10465,60 | 13834,60 | 3369,00    | 132,20            |
| II квартал       | 9394,40  | 18158,30 | 8763,90    | 193,30            |
| Первое полугодие | 19860,00 | 31992,90 | 12132,90   | 161,10            |
| III квартал      | 12662,30 | 28213,20 | 15550,90   | 222,80            |
| IV квартал       | 15823,00 | 35654,80 | 19831,80   | 225,30            |
| Второе полугодие | 28485,30 | 63868,00 | 35382,60   | 224,20            |
| Всего за год     | 48345,30 | 95860,80 | 47515,50   | 198,30            |

Табл. 4. Структурная динамика товарооборота ОАО «Универмаг «Центральный» по кварталам

| Квартал   | Удельный вес<br>2010 г., % | Удельный вес<br>2011 г., % | Отклонение |
|-----------|----------------------------|----------------------------|------------|
| Первый    | 21,64                      | 14,43                      | -7,22      |
| Второй    | 19,43                      | 18,94                      | -0,49      |
| Третий    | 26,20                      | 29,43                      | 3,24       |
| Четвертый | 32,73                      | 37,19                      | 4,46       |
| Итого     | 100,00                     | 100,00                     | —          |

Последующий анализ, предусматривающий изучение товарооборота по

структурным подразделениям, комплексам, приведен в табл. 5.

Табл. 5. Анализ выполнения плана розничного товарооборота по структурным подразделениям ОАО «Универмаг «Центральный»

| Комплекс              | Товарооборот 2010 г., млн р. | Товарооборот 2011 г., млн р. |          |                             | Отклонение 2011 г. |            |
|-----------------------|------------------------------|------------------------------|----------|-----------------------------|--------------------|------------|
|                       |                              | План                         | Факт     | Процент выполнения плана, % | от плана           | от 2010 г. |
| Комплекс «Легпром»    | 16911,88                     | 34882,98                     | 34080,67 | 97,70                       | -802,31            | 17168,79   |
| Комплекс «Кульбыхтоз» | 24018,60                     | 47046,65                     | 47940,54 | 101,90                      | 893,89             | 23921,94   |
| Комплекс «Продтовары» | 7384,94                      | 14641,16                     | 14362,98 | 98,10                       | -278,18            | 6978,04    |
| Итого ОАО             | 48351,88                     | 95757,13                     | 95852,89 | 100,10                      | 95,76              | 47501,01   |

В целом, по комплексу «Легпром» недовыполнение плана товарооборота составило 802,31 млн р. или 2,3 %.

По комплексу «Кульбыхтоз» процент выполнения плана составил 101,9 %, что соответствует увеличению товарооборота в размере 893,89 млн р.; по комплексу «Продовольственные товары» – 98,1 %, что соответствует снижению товарооборота в размере 278,18 млн р. Товарооборот по продкомплексу ЦУМ в 2011 г. составил 14362,98 млн р. и не достиг уровня планового задания на 278,18 млн р. или 1,9 %. Ресторан «Санта-Мария» практически выполнил плановый товарообо-

рот. В целом, в 2011 г. наблюдалась положительная динамика роста товарооборота, а плановые показатели не были выполнены.

Уменьшение товарооборота в сопоставимых ценах объясняется действием ряда объективных факторов: конкуренция со стороны фирменной торговли, организованных рынков, предпринимателей без образования юридического лица; множество магазинов с похожим ассортиментным перечнем, расположенных в непосредственной близости, и др. (табл. 6).

Табл. 6. Анализ динамики розничного товарооборота по структурным подразделениям ОАО «Универмаг «Центральный» за 2010...2011 гг.

В миллионах рублей

| Комплекс                       | Товарооборот 2010 г., млн р. | Товарооборот 2011 г., млн р. |                      | Отклонение в сопоставимых ценах |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------|
|                                |                              | в действующих ценах          | в сопоставимых ценах |                                 |
| Комплекс «Легпром»             | 16911,88                     | 34080,67                     | 16384,94             | -526,94                         |
| Комплекс «Кульбыхтоз»          | 24018,60                     | 47940,54                     | 23048,34             | -970,27                         |
| Комплекс «Продтовары. Общепит» | 7384,94                      | 14362,98                     | 6905,28              | -479,66                         |
| Итого ОАО                      | 48351,88                     | 95852,89                     | 46083,12             | -2268,76                        |

Фактический объем розничного товарооборота в отчетном году составил в сопоставимой оценке 46083,12 млн р., что

меньше объема 2010 г. на 2268,76 млн р. или на 4,69 %. Данная ситуация снижения физического объема товарооборота

рассматривается как отрицательный момент в деятельности универмага.

Как было отмечено ранее, планирование – это одна из главных составляющих успеха универмага.

Важно правильно выбрать метод планирования, поскольку это влияет на точность исполнения плана. Выбор метода планирования зависит от следующих факторов: цели разработки плана; имеющихся данных, их точности и достоверности; периода, на который рассчитывается план; затрат, связанных с разработкой плана; наличия соответствующего программного обеспечения и вычислительной техники.

Существуют различные методы расчетов:

- опытно-статистический;
- экономико-статистический;
- экономико-математического моделирования;
- комплексной увязки основных показателей хозяйственной деятельности.

Наиболее распространены экономико-статистические методы. Они основаны на расчете разнообразных средних величин и их экстраполяции на планируемый период. Для определения объема товарооборота этим методом необходимо, чтобы товароборот за анализируемый период был сопоставим, т. е. выражен в одних и тех же ценах и охватывал один и тот же состав торговой сети. На основании анализа сопоставимого товарооборота рассчитывается наиболее вероятный темп его изменения на предстоящий год. Иногда также применяется метод простой экстраполяции, но наиболее популярным является метод скользящей средней [3].

Установлено, что в методике планирования товарооборота в ОАО «Универмаг «Центральный» используется следующий подход: планируются уровни доходов от реализации, уровни расходов от реализации. Исходя из запланированного товарооборота рассматриваемых уровней прогнозируются основ-

ные результаты торговой деятельности организации: доходы, расходы, прибыль от реализации, рентабельность. Поэтому важным моментом является планирование товарооборота в общей системе расчетов прочих показателей. При этом работники планово-экономического отдела ОАО «Универмаг «Центральный» не учитывают динамику товарооборота, о чем свидетельствуют данные табл. 5. Выявленный недостаток может быть устранен в результате применения экономико-статистических методов планирования, в частности, метода скользящей средней.

К положительным моментам данного метода можно отнести его простоту и доступность. Однако метод имеет и свои недостатки, которые возникают при вычислении прогнозируемого значения. Самое последнее наблюдение имеет такую же значимость, как и предыдущее, т. е. присваиваются равные веса. Но во многих случаях последние данные могут сказать о том, что произойдет в ближайшем будущем, намного больше и точнее, чем предыдущие [4].

При планировании товарооборота с помощью скользящей средней использован товароборот, рассчитанный в сопоставимых ценах (ценах 2005 г.) и представленный в стоимостном выражении в табл. 7. При нечетном шаге каждая вычисленная скользящая средняя соответствует реальному интервалу (моменту) времени, находящемуся в середине шага (интервала), а число сглаженных уровней меньше первоначального числа уровней на величину шага скользящей средней, уменьшенного на единицу.

Методика выравнивания показателей имеет вид:

$$\begin{aligned} k_1 &= (y_1 + y_2 + y_3) / 3; \\ k_2 &= (y_2 + y_3 + y_4) / 3; \\ k_3 &= (y_3 + y_4 + y_5) / 3, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $k_{1,2,3}$  – значение простой скользящей средней в точках 1, 2, 3;  $y_{1,2,3}$  – значение

исходной функции в точках 1, 2, 3.

Табл. 7. Исходные данные для планирования товарооборота методом скользящей средней

| Год          | Товарооборот в сопоставимых ценах, млн р. | Цепной темп изменения, % |
|--------------|-------------------------------------------|--------------------------|
| 2006         | 18424,54                                  | –                        |
| 2007         | 19817,77                                  | 107,56                   |
| 2008         | 25090,72                                  | 126,61                   |
| 2009         | 22781,11                                  | 90,79                    |
| 2010         | 26210,50                                  | 115,05                   |
| 2011         | 24896,87                                  | 94,99                    |
| 2012         | 30055,50                                  | 120,72                   |
| Прогноз 2013 | 36147,15                                  | 120,27                   |

Используя скользящую среднюю, сначала находим среднюю для трех лет.

Прошлые годы:

$$k_1 = (107,56 + 126,61 +$$

$$+ 90,79) / 3 = 108,32;$$

$$k_2 = (126,61 + 90,79 +$$

$$+ 115,05) / 3 = 110,82;$$

$$k_3 = (90,79 + 115,05 + 94,99) / 3 = 100,28.$$

Текущий год:

$$k_4 = (115,05 + 94,99 +$$

$$+ 120,72) / 3 = 110,25.$$

Полученный выравненный ряд скользящих средних дает возможность определить среднегодовые изменения:

$$k_5 = (108,32 + 110,82 + 100,28 +$$

$$+ 110,25) / 4 = 107,42.$$

Темп прироста товарооборота на планируемый год находим с помощью продолжения выравненного ряда на два шага вперед (через текущий год на планируемый):

$$\Delta = (107,42 - 108,32) / 4 = -0,025;$$

$$ТИ_{2013} = 120,72 + 2 \cdot (-0,025) = 120,27.$$

Плановая сумма товарооборота рассчитывается умножением товарооборота за текущий год на рассчитанный темп:

$$T_{2013} = 30055 \cdot 120,27 / 100 =$$

$$= 36147,15 \text{ млн р.}$$

Таким образом, прогнозируемый товарооборот на планируемый год увеличится на 6092,15 млн р. и составит 36147,15 млн р. в сопоставимых ценах. В действующей оценке план товарооборота определен в размере 138 338,7 млн р.

Несмотря на возможность сглаживания показателей товарооборота при использовании этого метода планирования, следует иметь в виду, что они учитывают только тенденции изменения товарооборота в прошлом периоде и поэтому являются достаточно грубыми. Рассчитанные показатели необходимо корректировать на возможные изменения в товарообороте, которые произойдут под влиянием различных факторов в будущем году.

Задачей ОАО «Универмаг «Центральный» является как можно более полное удовлетворение спроса с помощью широкого и глубокого ассортимента современных высококачественных товаров на самый взыскательный вкус и



получение максимальной прибыли.

В настоящее время около 90 % товаров, считаемых ходовыми, можно купить в ОАО «Универмаг «Центральный». Большая часть ассортимента формируется белорусскими производителями.

При этом универмаг ориентируется на структуру обеспечения лояльности относительно покупателя, комплексной частью которого являются инструменты мерчендайзинга, а именно практикуется система сезонных скидок, проводятся «ночи распродаж», а также в рамках рекламных акций демонстрируются новые коллекции одежды и аксессуаров.

В структуре ОАО «Универмаг «Центральный» выделены следующие подразделения: коммерческий отдел, планово-экономический отдел, отдел организации торговли, отдел АСУ, которые занимаются прогнозированием и планированием товарооборота, его ассортиментной структуры, разрабатывают эффективные маркетинговые реше-

ния относительно продвижения товаров, а также ежегодный бизнес-план. Делается это согласно первому подходу: руководство определяет цели и задачи планирования и его плановые показатели; затем эти показатели в более детализированном виде распределяют по структуре реализации и структурным подразделениям универмага (филиалам, секциям, отделам).

Новые собственники ОАО «Универмаг «Центральный» во главе с генеральным директором Л. А. Шкаброновым акцентируют внимание на быстром обновлении ассортимента; ускорении оборачиваемости товаров в результате внедрения систем скидок, проведения ночных распродаж и различных рекламных акций; реорганизации секций; проведении тренингов для администрации и торгово-оперативных работников. Также была разработана система поощрения лучших работников и руководителей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методы планирования объема продаж [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http : // www.irprou.ru / print / 000511 /](http://www.irprou.ru/print/000511/).
2. Прогнозирование объемов продаж продукции [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http : // www.sibe.ru / pr\\_doklad0316.aspx](http://www.sibe.ru/pr_doklad0316.aspx).
3. Характеристика методов планирования товарооборота [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http : // yhdgbfhjng.ru / ekonomika\\_firm / ekonomika\\_firm45.html](http://yhdgbfhjng.ru/ekonomika_firm/ekonomika_firm45.html).
4. **Захарова, Ю. А.** Торговый маркетинг: эффективная организация продаж : практ. пособие / Ю. А. Захарова. – М. : Дашков и К, 2011. – 136 с.
5. **Невешкина, Е. В.** Управление финансово-товарными потоками на предприятиях торговли : практ. пособие / Е. В. Невешкина. – М. : Дашков и К, 2011. – 192 с.
6. Экономика организаций торговли : учеб. пособие / Под ред. Р. П. Валевиц, Г. А. Давыдовой. – Минск : БГЭУ, 2010. – 671 с.

*Статья сдана в редакцию 2 апреля 2013 года*

**Лариса Владимировна Наркевич**, канд. экон. наук, доц., Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-31-06-00.

**Анастасия Николаевна Хроменкова**, студентка, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-31-06-00. E-mail: [nastena\\_26@yahoo.com](mailto:nastena_26@yahoo.com).

**Larisa Vladimirovna Narkevich**, PhD (Economics), Associate Professor, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-31-06-00.

**Anastasiya Nikolayevna Khromenkova**, student, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-31-06-00. E-mail: [nastena\\_26@yahoo.com](mailto:nastena_26@yahoo.com).

---

УДК 338

*Т. Г. Нечаева, С. Л. Комарова, О. В. Лазарева*

## **МОНИТОРИНГ КОНКУРЕНТОВ НА РЫНКЕ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ПВХ-ПРОФИЛЯ И ОЦЕНКА ВЫБОРА СПОСОБА ФИНАНСИРОВАНИЯ ВЛОЖЕНИЙ В ОСНОВНОЙ КАПИТАЛ МАЛОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

---

UDC 338

*T. G. Nechayeva, S. L. Komarova, O. V. Lazareva*

## **MONITORING OF THE COMPETITION IN THE MARKET OF PVC PROFILE STRUCTURES AND EVALUATION OF THE METHOD OF FINANCING INVESTMENTS IN FIXED ASSETS OF A SMALL-SCALE BUSINESS**

---

### **Аннотация**

По материалам исследований проведен мониторинг конкурентов на рынке конструкций из ПВХ-профиля и оценены конкурентные преимущества предприятий. На основании мониторинга конкурентов и в соответствии с концепцией развития бизнеса по объекту исследования предложено приобретение нового оборудования, позволяющего расширить спектр данных услуг на рынке. Проанализированы возможные методы привлечения средств для воспроизводства долгосрочных активов и выбран наиболее эффективный механизм финансирования. Для укрепления позиций на рынке организации предлагается зарегистрироваться на одной из аукционных площадок, получить электронную цифровую подпись, что позволит реализовать возможности по участию в электронных торгах.

### **Ключевые слова:**

конкуренция, рынок, финансирование, лизинг, кредит, аукционные площадки, электронные торги, мониторинг.

### **Abstract**

Within this research, the monitoring of the competition in the market of polyvinylchloride (PVC) profile structures has been carried out and competitive advantages of Mogilev enterprises specializing in this field have been evaluated. Based on the monitoring of competitors and in line with the concept of business development, the enterprise under study has been offered to purchase new equipment to expand the range of services offered in the market. Possible ways of raising funds for the reproduction of long-term assets have been analyzed and the most effective mechanism of funding has been selected by using the costs criterion. To strengthen its position in the market of PVC-profile production and sale, the organization has been offered to get registered at one of auction sites, and to obtain an electronic digital signature, which will enable them to participate in electronic auctions.

### **Key words:**

competition, market, funding, leasing, credit, auction grounds, electronic auction, monitoring.

---

В современных условиях быстрого изменения рыночной ситуации и жесткой конкурентной борьбы информация о конкурентах (их преимуществах и недостатках, стратегиях и проводимых мероприятиях) определяет успешность компании в долгосрочной перспективе. Мониторинг конкурентов позволяет отследить активность компа-

ний-конкурентов по открытым источникам информации. В соответствии с концепцией маркетинга компании достигают конкурентного преимущества путем разработки предложений, которые удовлетворяют нужды целевых потребителей в большей мере, чем предложения конкурентов [2, с. 29].

Предприятия придают большое

значение анализу своих сильных и слабых сторон для оценки реальных возможностей в конкурентной борьбе и разработке мер и средств, за счет которых они могли бы повысить конкурентоспособность и обеспечить себе успех. В условиях рыночной экономики конкуренция выступает как важный фактор стимулирования хозяйственной активности, увеличения разнообразия и повышения качества продукции, снижения затрат и стабилизации экономического роста.

Конкурентоспособность – это свойство объекта, характеризующееся степенью реального или потенциального удовлетворения им конкретной потребности по сравнению с аналогичными объектами, представленными на данном рынке, и определяющее способность выдерживать в отношении их конкуренцию [1, с. 76].

Оценка конкурентоспособности позволяет выявить сильные и слабые стороны предприятий, что в дальнейшем явится основой для принятия управленческих решений и разработки перспективных направлений развития хозяйствующего субъекта: поддержание своей конкурентоспособности (в случае сильных рыночных позиций) либо ее усиление (при слабых). На рынке Могилевской области представлено более 40 компаний-производителей изделий из ПВХ-профиля. В настоящее время в условиях жесткой конкуренции предприятиям-изготовителям изделий из ПВХ необходимо расширять ассортимент выпускаемой продукции с целью наиболее полного удовлетворения спроса населения и завоевания большей доли рынка.

За базу для исследования были взяты данные по ЧУП «Голден гейт», которое работает на рынке Могилевской области 5 лет и специализируется на производстве следующих изделий из

ПВХ-профиля: окна различных конфигураций; двери наружные; двери внутренние; перегородки-витражи; входные группы.

Сравнительная характеристика основных конкурентов ЧУП «Голден гейт» представлена в табл. 1. Данные, приведенные в таблице, показывают, что наиболее популярной маркой профиля среди производителей является Brusbox, маркой фурнитуры – Elementis. Пять из десяти предприятий производят стеклопакеты, два – арки, восемь из десяти – сопутствующие товары к окнам, три из десяти ламинируют окна. Рассрочку от 3 до 6 месяцев предоставляют шесть предприятий. Приобрести товар в кредит можно у пяти из десяти компаний. В электронных торгах участвуют лишь два предприятия из десяти. Наибольший спектр оказываемых услуг предоставляет ЧТПУП «Авансум».

Можно отметить, что лишь три из десяти предприятий производят окна с энергосберегающим стеклопакетом. Цены ЧУП «Голден гейт» соответствуют сложившейся среднерыночной цене на окна.

Проведем мониторинг конкурентоспособности предприятий на основе балльной оценки экспертным методом. В качестве экспертов выступали технологи по производству изделий из ПВХ-профиля.

Экспертам было предложено выставить баллы от 0 до 5, где 0 – наименьший балл, а 5 – наивысший. Обработанные данные сведены в табл. 2, предприятия представлены в порядке убывания суммарного балла.

Таким образом, по результатам опроса видно, что ЧУП «Голден гейт» занимает пятое место с суммой баллов 28, первое – ЧТПУП «Авансум» (47 баллов), последнее десятое – ООО «Гелиопласт» (20 баллов).

Табл. 1. Сравнительная характеристика производителей ПВХ-конструкций г. Могилева

| Наименование организации | Профиль             | Фурнитура           | Производство стеклопакетов | Производство арок | Ламинирование профиля | Сопутствующие товары | Расрочка, мес. | Кредит | Участие в электронных торгах |
|--------------------------|---------------------|---------------------|----------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------|----------------|--------|------------------------------|
| ЧУП «Голден гейт»        | Plafen              | MACO                | Нет                        | Нет               | Нет                   | Да                   | 3              | Нет    | Нет                          |
| ООО «Отличные окна»      | Rehau               | MACO                | Нет                        | Нет               | Нет                   | Нет                  | Нет            | Да     | Нет                          |
| ЧТПУП «Авансум»          | Brusbox, Salamander | Elementis, SIEGENIA | Да                         | Да                | Да                    | Да                   | 3              | Да     | Да                           |
| ООО «Днепровские Окна»   | Exprof, Brusbox     | Elementis           | Нет                        | Нет               | Нет                   | Да                   | 3              | Да     | Нет                          |
| ООО «Стандарт ЦСК»       | Salamander          | Elementis           | Нет                        | Нет               | Нет                   | Нет                  | 6              | Да     | Нет                          |
| ООО «Гелиопласт»         | LG                  | SIEGENIA            | Да                         | Нет               | Нет                   | Да                   | Нет            | Нет    | Нет                          |
| ЧТУП «ЭкоПрестиж-Строй»  | Brusbox             | ROTO                | Нет                        | Нет               | Нет                   | Да                   | 3              | Да     | Нет                          |
| ОАО «Европластальянс»    | Proplex             | Winkhaus            | Да                         | Да                | Да                    | Да                   | Нет            | Нет    | Да                           |
| ЧТПУП «Самакауз»         | Brusbox             | SIEGENIA            | Да                         | Нет               | Да                    | Да                   | 3              | Нет    | Нет                          |
| ООО «СФК Бел»            | Plafen              | ROTO                | Да                         | Нет               | Нет                   | Да                   | Нет            | Нет    | Нет                          |

Табл. 2. Результаты балльной оценки

| Наименование организации                    | Сумма баллов |
|---------------------------------------------|--------------|
| ЧТПУП «Авансум»                             | 47           |
| ОАО «Европластальянс»                       | 39           |
| ООО «СФК Бел»                               | 32           |
| ЧТПУП «Самакауз»                            | 29           |
| ЧУП «Голден гейт» (исследуемое предприятие) | 28           |
| ООО «Днепровские Окна»                      | 25           |
| ЧТУП «ЭкоПрестиж-Строй»                     | 25           |
| ООО «Отличные окна»                         | 24           |
| ООО «Стандарт ЦСК»                          | 22           |
| ООО «Гелиопласт»                            | 20           |

Чтобы улучшить позицию предприятия на рынке, необходимо провести ряд мероприятий:

- приобрести установку для ламинирования профиля ПВХ, что позволит расширить ассортимент и увеличить сумму баллов на 5;

- зарегистрироваться на электронной торговой площадке и пройти аккредитацию, получить электронно-цифровую подпись, что также позволит увеличить сумму баллов на 5.

В настоящее время в условиях жесткой конкуренции предприятиям-изготовителям изделий из ПВХ необходимо расширять ассортимент выпускаемой продукции с целью наиболее полного удовлетворения спроса населения и завоевания большей доли рынка. Кроме того, можно освоить выпуск продукции с новыми качественными характеристиками.

Цветные окна как последняя инновационная разработка получают всё большее распространение, становясь настоящим трендом. На сегодняшний день гамма красок не имеет границ. Она движется от однотонных цветов до нестандартных расцветок и декоров под дерево. Спрос на цветные окна растет с каждым днем, поэтому производители, выпускающие цветные окна, находятся в более выгодном положении, нежели те, кто специализируется только на окнах стандартного белого цвета.

Для придания окну цвета используется довольно дорогостоящее оборудование и не всегда для его приобретения имеется достаточно собственных средств. В таком случае можно предложить взять кредит на его покупку или приобрести в лизинг.

Производственные мощности ЧУП «Голден гейт» размещены в арендованном помещении площадью 251 м<sup>2</sup> и представлены современной линией по производству изделий из ПВХ-профиля фирмы «Вилмас» (Vilmaz), позволяющей соблюдать все параметры технологического процесса при изготовлении

продукции и добиться ее высокого качества. Производительность достигает до 40 изделий в смену.

Возможности исследуемого предприятия ограничены из-за невозможности производства цветного профиля. Для решения этого вопроса необходимо приобрести установку для окраски профиля Szilank. Стоимость оборудования составляет 330 млн р., в т. ч. НДС 55 000 000 р., годовая норма амортизационных отчислений – 20 %. Собственных средств предприятие для приобретения оборудования имеет 150 млн р.

Для покупки оборудования предприятие может получить кредит в размере недостающей суммы в банке сроком на три года под 45 % годовых с ежемесячным погашением долга равными долями.

В качестве альтернативы возможно заключение договора лизинга с лизинговой фирмой. Срок его действия составляет 3 года. По условиям договора предмет лизинга учитывается на балансе лизингополучателя, коэффициент ускорения при начислении амортизации равен 2.

Привлечение кредитов под прибыльные проекты способно принести предприятию высокий доход, но генерирует немалый уровень риска. Наиболее приемлемым способом обновления материально-технической базы предприятия является лизинг, который не требует полной единовременной оплаты арендуемого имущества и служит одним из видов инвестирования. Использование ускоренной амортизации по лизинговым операциям позволяет оперативно обновлять оборудование и вести техническое перевооружение производства.

На определенном этапе развития рыночных отношений взаимоотношения кредитора и заемщика закономерно вступают в противоречие, которое выражается в высокой рискованности долгосрочного кредитования для кредитора и чрезмерной стоимости заемного капитала для заемщика. В настоящее время в

условиях существенного сужения рынка долгосрочного кредитования в Беларуси лизинг может рассматриваться как перспективное направление обслуживания инвестиционного процесса.

Лизинг, наряду с кредитом, – одна из наиболее эффективных форм финансирования инвестиционной деятельности. Учитывая то, что сегодня практически все белорусские предприятия работают в условиях дефицита свободных денежных средств (в то время как их производственные фонды требуют модернизации), лизинг помогает без отрицательных последствий постепенно изымать из оборота средства, необходимые для замены устаревшего оборудования. У предприятий есть возможность провести техническое перевооружение за счет будущих доходов, существенно не ухудшая свое текущее финансовое состояние.

Преимущества лизинговых операций можно рассмотреть на примере трех субъектов лизинговой сделки – лизингополучателя, лизингодателя и продавца оборудования.

Преимущества лизинга для лизингополучателей:

- лизинг предполагает 100-процентное финансирование и не требует быстрого возврата всей суммы долга;
- при лизинге вопросы приобретения и финансирования активов решаются одновременно;
- ввиду того, что лизинговые платежи осуществляются по фиксированному графику, арендатор имеет больше возможностей координировать затраты на финансирование капитальных вложений и поступления от реализации продукции, обеспечивая тем самым большую стабильность финансовых планов, чем это имеет место при покупке оборудования;
- ввиду того, что частью обеспечения возвратности инвестированных средств считается предмет лизинга, являющийся собственностью лизингодателя, проще получить контракт по ли-

зингу, чем альтернативную ему ссуду на приобретение тех же активов;

– при применении лизинга арендатор может задействовать больше производственных мощностей, чем при покупке того же актива. Временно высвобожденные финансовые ресурсы арендатор может использовать на другие цели;

– так как лизинг долгое время служит средством реализации продукции производства, то государственная политика, как правило, направлена на поощрение и расширение лизинговых операций;

– в случае низкой доходности арендатора последний может воспользоваться возвратным лизингом в части собственных основных средств;

– лизинг позволяет арендатору, не имеющему значительных финансовых ресурсов, начать крупный проект;

– возможность получения высокой ликвидационной стоимости предмета лизинга в конце контракта является во многих случаях определяющей для принятия лизинга арендаторами;

– НДС по лизинговым платежам принимается к зачету.

Преимущества лизинга для лизингодателя (лизинговой компании):

– поскольку передаваемое в лизинг имущество остается в собственности лизингодателя, последний может использовать это имущество в непроизводственных целях;

– высокая ликвидационная стоимость после ускоренной амортизации предмета лизинга. Возврат ее части после реализации предмета лизинга может принести достаточно большую прибыль;

– помощь в продаже продавцу предмета лизинга со стороны лизингодателя. В соответствии с такими соглашениями продавец от лица лизингодателя предлагает клиентам финансирование поставок своей продукции с помощью лизинга;

– инвестиции в форме имущества, в отличие от денежного кредита,

снижают риск невозврата средств, т. к. лизингодатель сохраняет право собственности на переданное в лизинг имущество;

- основная роль при подготовке и проведении лизинговой операции остается за лизингодателем. Стоимость этих услуг занимает немалую долю комиссионного вознаграждения лизингодателя;

- лизингодатель имеет возможность изыскивать дополнительные финансовые ресурсы для продолжения и расширения деятельности, закладывая сданное в лизинг имущество или уступая право требования лизинговых платежей;

- лизинг направляет финансовые ресурсы непосредственно на приобретение материальных активов, тем самым снимая проблему нецелевого использования кредитных средств;

- инвестиции в производственное оборудование посредством лизинга гарантируют генерирование дохода, покрывающего обязательства по лизингу.

Преимущества лизинга для продавца лизингового имущества:

- сделка для продавца выглядит менее рискованной, т. к. лизингодатель берет на себя риск возврата стоимости имущества через лизинговые платежи;

- продавец предмета лизинга получает дополнительные возможности сбыта своей продукции.

Таким образом, лизинг выгоден всем субъектам лизинговой сделки. Более того, если сравнивать лизинг и кредит, то, как правило, при равных рыночных условиях лизинг оказывается эффективнее покупки оборудования с привлечением кредитных ресурсов. При сравнении лизинга и кредита необходимо в первую очередь правильно выбрать базу для оценки эффективности обоих вариантов финансирования. Самое простое – это сравнение аналогичных по сроку кредитного договора и договора лизинга [3, с. 18].

Прежде чем дать «старт» проекту

финансирования приобретения основных средств, необходимо оценить экономическую эффективность каждого из рассматриваемых вариантов и исходя из этого выбрать наиболее приемлемый для своего предприятия. При этом стоит отметить, что основная экономия средств у лизингополучателя происходит за счет отнесения ежемесячных лизинговых платежей в полном объеме на себестоимость, что ведет к уменьшению налогооблагаемой базы по налогу на прибыль и увеличению сумм НДС к вычету (зачету). Таким образом, появляется возможность направлять финансовые ресурсы не на уплату налогов, а на расширение производства или другие цели предприятия. Не следует забывать, что лизинг – один из самых оптимальных механизмов приобретения основных средств, который позволяет лизингополучателю (заемщику) экономить оборотные средства за счет небольшого первоначального платежа и растянутых во времени взносов.

При оценке экономической эффективности вложений в основные средства следует учитывать и систему затрат. Для того чтобы сравнить расходы на приобретение имущества, возникающие при лизинге и кредитовании, необходимо ясно представлять суть расходов. При лизинге расходы состоят из ряда лизинговых платежей, выплачиваемых в течение нескольких лет. При получении кредита на покупку имущества расходы представляют собой выплату основной суммы долга и процентов по кредиту.

Для оценки «затратности» того или иного способа финансирования необходимо моделирование денежных потоков предприятия, возникающих при осуществлении капитальных вложений. При оценке денежных потоков следует помнить о том, что при лизинге обычно используется ускоренная амортизация. Вследствие этого временной горизонт, на котором будут сравниваться денежные потоки, должен быть равен сроку полной амортизации имущества без

учета ускорения.

Поскольку денежные потоки по финансированию капитальных вложений за счет лизинга или кредита будут по-разному распределены во времени, то для корректного сравнения суммарных затрат необходимо использовать дисконтирование – учитывать различную ценность для потенциальных участников проекта денежных средств, получаемых или затрачиваемых ими в разные моменты времени. Соизмерение разновременных денежных потоков, образуемых при реализации проекта, осуществляется путем их дисконтирования – процедуры приведения денежных потоков к единому моменту времени.

Проведем сравнительный анализ приобретения имущества за счет банковского кредита и договора финансового лизинга.

Методика основана на сравнении величин платежей, осуществляемых организацией в случае покупки за счет кредита и при реализации договора финансового лизинга, приведенных на начало срока действия кредитного или лизингового договоров. Более выгодной является операция, обеспечивающая меньшую приведенную стоимость платежей.

Анализ предлагается разбивать на отдельные этапы. На первом этапе осуществляется оценка стоимости платежей, связанных с покупкой имущества за счет кредита, на начальный момент времени исходя из имеющихся у организации средств на покупку имущества и учета стоимости платежей по кредиту, включая проценты и выплаты по основному долгу на начальную дату, за минусом суммы налога на добавленную стоимость и величины уменьшения налога на прибыль за счет амортизации имущества.

Данная модель предусматривает уплату процентов за кредит за счет собственных средств предприятия.

На втором этапе анализа рекомендуется осуществлять расчет стоимости

платежей, связанных с приобретением имущества по договору финансового лизинга, на начальный момент времени исходя из аванса и суммы текущей стоимости лизинговых платежей без НДС, подлежащих уплате, за минусом величины уменьшения налога на прибыль за счет амортизации имущества в течение срока его амортизации на начальную дату.

На заключительном (третьем) этапе анализа проводится сравнение затрат, связанных с приобретением оборудования в кредит и по договору финансового лизинга.

Проведем анализ и оценку текущей величины платежей, которые будут осуществлены организацией при использовании банковского кредита.

Необходимая сумма кредита составляет разность между покупной стоимостью имущества с НДС и суммой средств, имеющихся у хозяйствующего субъекта на покупку имущества на начальный момент времени с НДС, а именно 180 млн р.

Размер ежемесячного платежа по кредиту можно рассчитать, представив сумму кредита в виде обыкновенного аннуитета. Он составит 9 192 709 р.

Процесс приведения величин будущих платежей к определенному начальному моменту времени включает в себя следующие операции:

1) корректировку величины платежа на прогнозируемые на период реализации инвестиционного проекта темпы инфляции (операция дисконтирования);

2) количественную оценку возможных рисков увеличения размеров платежей, связанных с различными факторами. Например, к увеличению лизинговых платежей могут привести повышение процентов за банковские кредиты, изменения в законодательстве, регулирующем лизинговые сделки, и пр.

В данном случае для упрощения расчетов ограничимся операцией дисконтирования. В качестве дисконтной ставки будем использовать средне-



сячный темп инфляции, равный 0,014.

Оценку рисков увеличения каждого вида платежей для уточнения расчетов инвестор может осуществлять самостоятельно в зависимости от существующих внутрифирменных факторов и внешних условий реализации инвестиционного проекта. Дисконтированная величина платежей по кредиту составит 254 276 619 р.

Дисконтированная величина уменьшения налога на прибыль за счет амортизации приобретаемого имущества в течение срока его амортизации – 22 820 065 р.

В процессе проведения анализа следует учесть, что предприятие ежемесячно платит авансовые платежи по налогу на прибыль не позднее 22-го числа месяца, следующего за отчетным. Для упрощения расчетов допускается, что

налог на прибыль уплачивается 22-го числа каждого месяца.

Затраты, связанные с приобретением оборудования за счет банковского кредита, представлены в табл. 3.

Анализ и оценка текущей величины платежей, которые будут осуществлены фирмой при использовании финансового лизинга, представлены в табл. 4.

Дисконтированная величина лизинговых платежей составит 196 894 179 р.

Дисконтированная величина уменьшения налога на прибыль за счет амортизации приобретаемого имущества в течение срока его амортизации – 93 222 038 р.

Величина платежей, связанных с приобретением оборудования с помощью финансового лизинга, представлена в табл. 5.

Табл. 3. Затраты, связанные с приобретением оборудования за счет кредита

| Показатель                                                                  | Значение    |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Имеющиеся предприятия на покупку имущества, р.                              | 150 000 000 |
| Сумма НДС, уплачиваемого продавцу, р.                                       | 55 000 000  |
| Платежи по кредиту, включая проценты и выплаты по основному долгу, р.       | 254 276 619 |
| Величина уменьшения налога на прибыль за счет амортизации имущества, р.     | 22 820 065  |
| Стоимость платежей, связанных с приобретением имущества за счет кредита, р. | 326 456 554 |

Табл. 4. Лизинговые платежи по договору лизинга

| Период времени, за который производится оплата | Всего       | Первоначальный возвратный платеж | Единовременный взнос (0,4 %) | Возвратные платежи | Арендная плата (1,7 %) | НДС        |
|------------------------------------------------|-------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------|------------------------|------------|
| На момент передачи техники в аренду            | 183 870 000 | 150 000 000                      | 1 100 000                    |                    | 2 125 000              | 30 645 000 |
| 2013 г.                                        | 50 000 000  |                                  |                              | 41 666 667         |                        | 8 333 333  |
| 2014 г.                                        | 52 100 000  |                                  | 333 333                      | 41 666 667         | 1 416 667              | 8 683 333  |
| 2015 г.                                        | 51 050 000  |                                  | 166 667                      | 41 666 667         | 708 333                | 8 508 333  |
| Всего                                          | 337 020 000 |                                  | 1 600 000                    | 125 000 000        | 4 250 000              | 56 170 000 |

Табл. 5. Затраты, связанные с приобретением оборудования по договору лизинга

| Показатель                                                                             | Значение    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Аванс в счет будущих лизинговых платежей без НДС, р.                                   | 125 000 000 |
| Изменение текущей стоимости платежей по НДС в связи с изменениями сроков их уплаты, р. | 196 894 179 |
| Величина уменьшения налога на прибыль за счет амортизации имущества, р.                | 93 222 038  |
| Стоимость платежей, связанных с приобретением имущества за счет кредита, р.            | 228 672 140 |

Таким образом, дисконтированная величина потока платежей в случае лизинга меньше, чем при покупке оборудования за счет банковского кредита. Экономия средств при использовании лизинговой схемы составит 97 784 414 р. (326 456 554 – 228 672 140).

Как показывает практика, на данном этапе развития экономики наиболее эффективной формой привлечения капитала для развития производства является лизинг.

В настоящее время цветные окна популярны среди потребителей, они го-

товы платить за данную услугу, следовательно, предприятия, обладающие возможностью окраски профиля, находятся в более выгодном положении. Лишь три из десяти исследованных предприятий (см. табл. 1) производят окраску профиля, следовательно, существует перспектива завоевания доли рынка с наименьшими затратами. Возможность производства цветных изделий из ПВХ-профиля позволит предприятию занять свою нишу на рынке производителей изделий из профиля ПВХ (табл. 6).

Табл. 6. Результат балльной оценки после проведения мероприятий

| Наименование организации                    | Сумма баллов |
|---------------------------------------------|--------------|
| ЧТПУП «Авансум»                             | 47           |
| ОАО «Европластальянс»                       | 39           |
| ЧУП «Голден гейт» (исследуемое предприятие) | 38           |
| ООО «СФК Бел»                               | 32           |
| ЧТПУП «Самакауз»                            | 29           |
| ООО «Днепровские Окна»                      | 25           |
| ЧТУП «ЭкоПрестиж-Строй»                     | 25           |
| ООО «Отличные окна»                         | 24           |
| ООО «Стандарт ЦСК»                          | 22           |
| ООО «Гелиопласт»                            | 20           |

В результате введения в эксплуатацию установки для окраски профиля Szilank прогнозируется увеличение выручки от реализации на 15 %.

Важным для предприятия-производителя изделий из ПВХ-профиля является участие в электронных торгах. В

соответствии с Законом Республики Беларусь «О государственных закупках товаров (работ, услуг)» от 13.07.12 г. № 419-З и Постановлением Совета Министров Республики Беларусь «О некоторых мерах по реализации Закона Республики Беларусь «О государственных

закупках товаров (работ, услуг)» от 22.08.12 г. № 778 с 01.01.13 г. предусмотрена обязательность применения электронных аукционов для осуществления государственных закупок по преобладающему большинству товаров (работ, услуг).

Указанным решением Правительства утвержден перечень таких товаров и определены операторы электронных торговых площадок, имеющие право проводить электронные аукционы, одним из которых является ОАО «Белорусская универсальная товарная биржа».

Электронные аукционы в Беларуси проводятся на двух площадках – на Белорусской универсальной товарной бирже и в Национальном центре маркетинга. Для участия необходимо получить электронную цифровую подпись и аккредитоваться на одной из аукционных площадок.

Затраты на регистрацию на электронно-цифровой площадке и получение электронно-цифровой подписи составят 465 600 р. Проведение данного мероприятия позволит ЧУП «Голден гейт» принимать участие в электронных торгах и предлагать свои услуги в качестве подрядчика. При этом планируется увеличение выручки от реализации на 10 %.

После проведения вышеуказанных мероприятий результат балльной оценки изменится, сумма баллов предприятия ЧУП «Голден гейт» увеличится на 10 баллов (на 5 баллов – за счет приобретения установки для ламинирования профиля и на 5 баллов – за счет регистрации на электронно-цифровой площадке и получения электронно-цифровой подписи), оно повысит свою конкурентоспособность и укрепит положение на рынке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Волонцевич, Е. Ф.** Конкурентоспособность фирм : курс лекций / Е. Ф. Волонцевич. – Минск : БГЭУ, 2003. – 103 с.
2. **Гриневич, М. Н.** Производственная стоимость и конкурентоспособность предприятия / М. Н. Гриневич, В. А. Устинович, Н. В. Зеленковская. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2004. – 208 с.
3. **Стойнова, Е. С.** Финансовый менеджмент / Е. С. Стойнова. – М. : Перспектива, 2007. – 464 с.

*Статья сдана в редакцию 24 июня 2013 года*

**Татьяна Георгиевна Нечаева**, канд. экон. наук, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-291-35-31-60.

**Светлана Леонидовна Комарова**, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-222-26-04-72.

**Ольга Владимировна Лазарева**, студентка, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-293-77-09-76.

**Tatyana Georgiyevna Nechayeva**, PhD (Economics), Belarusian-Russian University. Tel.: +375-291-35-31-60.

**Svetlana Leonidovna Komarova**, senior lecturer, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-222-26-04-72.

**Olga Vladimirovna Lazareva**, student, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-293-77-09-76.

---

УДК 658.152

*Т. В. Романькова, Н. Н. Бородкина*

## МЕТОДИКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДПРИЯТИЯ

---

UDC 658.152

*T. V. Romankova, N. N. Borodkina*

## METHODS OF EFFECTIVE USE OF ENTERPRISE FIXED ASSETS

---

### **Аннотация**

Обозначена проблема оценки и повышения эффективности использования основных средств промышленных предприятий. Обоснована и дополнена система показателей, применяемая при проведении эффективности средств труда. Разработана методика оценки результативности использования основных средств на промышленных предприятиях.

### **Ключевые слова:**

основные средства, показатели эффективности, комплексный показатель, методика, активная часть.

### **Abstract**

The paper deals with the problem of assessing and improving the efficiency of the usage of fixed assets of industrial enterprises. The system of indicators applied in the analysis of the efficiency of used means of labor has been substantiated and supplemented. The methods have been developed to evaluate the effectiveness of the usage of fixed assets by industrial enterprises.

### **Key words:**

fixed assets, efficiency indices, complex indicator, methods, active part.

---

### **Введение**

Рост технического совершенствования и улучшение использования основных средств – один из важнейших факторов, обеспечивающих устойчивые темпы роста экономического развития любой организации и общества в целом.

Улучшение использования основных фондов означает экономию живого и овеществленного труда на производство продукции, что способствует росту производительности труда. Условия развития конкуренции требуют от организации изыскания резервов повышения эффективности использования основных средств с целью снижения себестоимости продукции, роста прибыли и рентабельности.

Повышение эффективности использования основных средств равнозначно расширению производства без привлечения дополнительных затрат на их создание и приобретение.

### **Основная часть**

В первую очередь проблема повышения эффективности использования основных средств актуальна для промышленных предприятий РБ, т. к. именно промышленность является одной из ведущих отраслей народного хозяйства республики, где выпускается наибольший объем продукции (табл. 1) и на нее приходится третья часть основных средств экономики (рис. 1).

Табл. 1. Структура валового внутреннего продукта по видам экономической деятельности

| Показатель                                   | 2010 г. | 2011 г. | 2012 г. |
|----------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Валовой внутренний продукт, всего            | 100     | 100     | 100     |
| Из него:                                     |         |         |         |
| сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство | 9,2     | 8,3     | 8,4     |
| промышленность                               | 27,2    | 30,9    | 31,8    |
| строительство                                | 9,6     | 6,6     | 6,9     |
| торговля                                     | 12,1    | 15,3    | 14,3    |
| транспорт и связь                            | 7,6     | 7,3     | 7,1     |
| прочие виды экономической деятельности       | 21,6    | 19,4    | 18,7    |
| чистые налоги на продукты                    | 12,7    | 12,2    | 12,8    |



Рис. 1. Удельный вес основных средств промышленности РБ

В настоящее время в учебниках, учебных пособиях по экономике сложился единый подход к экономической сущности основных средств.

Основные средства – это средства труда, которые многократно участвуют в производственном процессе, сохраняют свою натуральную форму и переносят свою стоимость на изготавливаемую продукцию частями по мере износа [1].

В рыночных условиях источниками роста и формирования основных средств являются в первую очередь собственные средства организации. Поэтому очень важное практическое значение

имеет результативность использования средств труда. Для оценки эффективности использования основных средств на производственных предприятиях применяются следующие показатели.

1 Фондоотдача  $\Phi_o$  и обратный ей показатель фондоемкость  $\Phi_e$ :

$$\Phi_o = \frac{\text{ТП}}{\text{Сос}}; \quad (1)$$

$$\Phi_e = \frac{\overline{\text{Сос}}}{\text{ТП}}, \quad (2)$$

где ТП – объем товарной продукции, млн р.;  $\overline{Coc}$  – среднегодовая стоимость основных средств, млн р.

Фондоотдача в общем виде показывает, сколько получено продукции с рубля основных производственных средств.

## 2 Фондовооруженность

$$\Phi_b = \frac{\overline{Coc}}{ЧР}, \quad (3)$$

где ЧР – среднесписочная численность работающих, чел.

Фондовооруженность характеризует величину основных средств, приходящихся на одного работника.

## 3 Фондорентабельность

$$\Phi_p = \frac{ПРотп}{\overline{Coc}}, \quad (4)$$

где ПРотп – прибыль от реализации, млн р.

Вся совокупность основных средств подразделяется на активную и пассивную части.

Активная часть является ведущей и служит базой в оценке технического уровня и производственных мощностей. Она непосредственно участвует в превращении предметов труда в готовую продукцию.

Проведенный анализ литературных источников показал, что для оценки эффективности использования активной части основных средств применяются следующие показатели:

– удельный вес активной части основных средств

$$УД_a = \frac{\overline{Coc}_a}{\overline{Coc}}, \quad (5)$$

где  $\overline{Coc}_a$  – среднегодовая стоимость активной части основных средств, млн р.;

– фондоотдача активной части

$$\Phi O_a = \frac{\overline{Coc}_a}{ТП}. \quad (6)$$

Динамика изменения показателей представлена в табл. 2.

Табл. 2. Динамика изменения показателей эффективности использования основных средств

| Показатель                                         | 2009 г. | 2010 г. | 2011 г. |
|----------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Фондоотдача, р./р.                                 | 0,581   | 0,681   | 0,703   |
| Фондовооруженность, р./р.                          | 113,855 | 101,134 | 126,143 |
| Рентабельность основных средств                    | 0,020   | 0,034   | 0,010   |
| Фондоотдача активной части основных средств, р./р. | 0,853   | 0,776   | 0,715   |
| Доля активной части основных средств               | 0,495   | 0,528   | 0,503   |

Как показывают данные таблицы, динамика показателей эффективности использования основных средств носит разнонаправленный характер, т. е. наблюдается рост фондоотдачи, фондовооруженности и снижение фондоемкости, фондорентабельности, удельного веса активной части основных средств, что не позволяет сделать однозначный вывод.

Таким образом, рассмотрение пока-

зателей позволило выявить следующее:

– для оценки эффективности использования основных средств на предприятии необходимо разработать методику комплексной оценки;

– в методику комплексной оценки эффективности использования основных средств на уровне предприятия предлагается на основе вышерассмотренных показателей включить:

а) амортизационную состав-

ляющую стоимости произведенной продукции. Она определяется по формуле

$$AM_c = \frac{AM}{ТП}, \quad (7)$$

где АМ – величина начисленной амортизации, млн р.

Применение данного показателя позволит определить величину амортизуемой стоимости основных средств, отнесенную на стоимость выпущенной продукции и эффективность использования основных средств;

б) фондовооруженность активной части основных средств или техническую вооруженность труда

$\Phi_{в.ак.ч.}$ , определяемую по формуле [1]

$$\Phi_{в.ак.ч.} = \frac{\overline{Сос_a}}{Сч_{рабочих}}, \quad (8)$$

где Сч – среднесписочная численность рабочих, чел.

В формулу при расчете фондовооруженности активной части основных средств включены основные рабочие, т. к. именно они непосредственно принимают участие в изготовлении продукции.

Динамика изменения предложенных показателей отражена в табл. 3.

Табл. 3. Динамика изменения показателей эффективности использования основных средств

| Показатель                                                     | 2009 г. | 2010 г. | 2011 г. |
|----------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|
| Техническая вооруженность, р./чел.                             | 56,401  | 53,443  | 63,432  |
| Амортизационная составляющая стоимости произведенной продукции | 0,024   | 0,023   | 0,021   |

Как видно из представленных расчетов, техническая вооруженность в 2010 г. по сравнению с 2009 г. снизилась, но при сравнении 2011 и 2010 гг. наблюдается увеличение данного показателя, при этом амортизационная составляющая стоимости произведенной продукции уменьшилась, что свидетельствует об относительной экономии основных средств, а также об увеличении объема выпуска продукции.

Таким образом, в методику комплексной оценки эффективности использования основных средств предлагается включить следующие показатели: фондоотдачу, фондовооруженность, рентабельность основных средств, фондоотдачу активной части основных средств, долю активной части основных средств, техническую вооруженность, амортизационную составляющую стоимости произведенной продукции. Они имеют разную направленность. Так, чем выше изменение фондоотдачи, фондовооруженности, фондорентабельности,

технической вооруженности, доли активной части основных средств и фондоотдачи активной части основных средств, тем эффективнее используются основные средства на предприятии (прямое влияние).

По доли амортизационной составляющей стоимости произведенной (реализуемой) продукции, наоборот, т. е., чем выше, тем менее эффективно используются основные средства (обратное влияние).

Таким образом, предлагаемая методика эффективности использования основных средств на промышленных предприятиях включает три этапа:

1) расчет коэффициентов динамики показателей эффективности, оказывающих прямое влияние [3]:

$$K_{gi} = \frac{i_t}{i_{t-1}}, \quad (9)$$

где  $K_{gi}$  – коэффициент динамики показателей эффективности использования

основных средств;  $i_t, i_{t-1}$  – показатели эффективности использования основных средств в отчетном и базисном годах соответственно;

2) расчет коэффициентов динамики, показателей эффективности использования основных средств, оказывающих обратное влияние:

$$K_{gi} = \frac{i_{t-1}}{i_t}; \quad (10)$$

3) определение комплексного показателя эффективности использования основных средств на предприятии:

$$K_{\text{эф}} = \sqrt[7]{K_g^{\text{Фo}} \cdot K_g^{\text{Фв}} \cdot K_g^{\text{Фр}} \cdot K_g^{\text{Тв}} \times K_g^{\text{Амс}} \cdot K_g^{\text{Фoa.ч.}} \cdot K_g^{\text{Да.ч.}}} \quad (11)$$

На основании данных табл. 1 и 2 рассчитаны коэффициенты динамики по ОАО «Могилевский завод «Строммашина» и представлены в табл. 4.

Табл. 4. Коэффициенты динамики по ОАО «Могилевский завод «Строммашина»

| Показатель                                                                 | 2010 г. | 2011 г. | Отклонение (+, –) |
|----------------------------------------------------------------------------|---------|---------|-------------------|
| Коэффициент фондоотдачи                                                    | 1,172   | 1,032   | –0,14             |
| Коэффициент фондовооруженности                                             | 0,888   | 1,247   | +0,36             |
| Коэффициент рентабельности основных средств                                | 1,7     | 0,294   | +1,41             |
| Коэффициент технической вооруженности                                      | 0,948   | 1,187   | +0,24             |
| Коэффициент доли активной части основных средств                           | 1,067   | 0,953   | –0,11             |
| Коэффициент фондоотдачи активной части основных средств                    | 0,910   | 0,921   | +0,01             |
| Коэффициент амортизационной составляющей стоимости произведенной продукции | 0,958   | 0,913   | –0,05             |

$$K_{\text{эф}}(2010) = \sqrt[7]{1,172 \cdot 0,888 \cdot 1,7 \cdot 0,948 \times 1,067 \cdot 0,910 \cdot 0,958} = 1,007;$$

$$K_{\text{эф}}(2011) = \sqrt[7]{1,032 \cdot 1,247 \cdot 0,294 \cdot 1,187 \times 0,953 \cdot 0,921 \cdot 0,913} = 0,992.$$

Таким образом, как показывают произведенные расчеты, комплексный показатель эффективности использования основных средств на ОАО «Могилевский завод «Строммашина» в 2011 г. снизился по сравнению с 2010 г. на 0,015 (0,992 – 1,007), что свидетельствует о снижении эффективности использования основных средств на рас-

смотренном предприятии и сказывается на результатах хозяйственной деятельности.

### Заключение

В заключении следует отметить, что предложенная методика будет способствовать:

– получению достоверной информации об уровне и тенденциях результативности использования основных средств с целью поиска путей ее повышения;

– определению рейтинговой оценки предприятий органами государственного управления с точки зрения эффективности использования основных средств.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бабук, И. М.** Экономика промышленного предприятия : учеб. пособие / И. М. Бабук, Т. А. Сахнович. – Минск : Новое знание ; ИНФРА-М, 2013. – 439 с.
2. **Золотогор, В. Г.** Экономический словарь / В. Г. Золотогор, Г. Ф. Кузнецова, М. Ю. Пасюк ; под ред. В. Г. Золотогорова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : Навука і тэхніка, 1990. – 415 с.
3. **Шиханцов, Г.** Методика оценки эффективности деятельности торгующих и товаропроизводящих структур по удовлетворению спроса населения / Г. Шиханцов // Маркетинг. Реклама и сбыт. – 2004. – № 8 (32). – С. 20–28.

*Статья сдана в редакцию 4 апреля 2013 года*

**Татьяна Васильевна Романькова**, канд. экон. наук, доц., Белорусско-Российский университет.

**Наталья Николаевна Бородкина**, студентка, Белорусско-Российский университет. Тел.: +375-445-30-12-75.

**Tatyana Vasilyevna Romankova**, PhD (Economics), AssociateProf., Belarusian-Russian University.

**Natalia Nikolayevna Borodkina**, student, Belarusian-Russian University. Tel.: +375-445-30-12-75.

# **ВЕСТНИК БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**№ 3 – 2013**

|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| Ответственный за выпуск           | В. И. Кошелева   |
| Художественное оформление обложки | И. А. Алексеюс   |
| Дизайн и компьютерная верстка     | Н. П. Полевничая |

Подписано в печать 10.09.2013. Формат 60×84/8. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.  
Печать трафаретная. Усл.-печ. л. 16,97. Уч.-изд. л. 16,0. Тираж 100 экз. Заказ № 620.

Издатель и полиграфическое исполнение  
Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«Белорусско-Российский университет»  
ЛИ № 02330/0548519 от 16.06.2009.  
Пр. Мира, 43, 212000, Могилев.