



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ, ОБРАЗОВАНИИ И ЭКОНОМИКЕ

Электронный журнал



**АЗОВ
№ 4-1 (10)
2018 г.**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В МАШИНОСТРОЕНИИ, ОБРАЗОВАНИИ
И ЭКОНОМИКЕ**

Электронный журнал

**№ 4-1 (10)
2018 г.**

УДК 004
ББК 30.1
С 56

Редакционная коллегия:

Председатель редакционной коллегии:

- **Таран Владимир Николаевич**, д-р. физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой «Вычислительная техника и программирование» ТИ (филиала) ДГТУ в г. Азове

Члены редакционной коллегии:

- **Горис Татьяна Владимировна**, PhD., доцент кафедры «Технология и трудовые ресурсы» Государственного университета Питсбурга (штат Канзас)

- **Николаенко Денис Владимирович**, канд. техн. наук., доцент кафедры «Компьютерная инженерия» ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

- **Маргарита Млчхова**, переводчик Интеграционного центра поддержки иностранцев МВД Чешской Республики

- **Евгений Кирпач**, канд. техн. наук, сетевой аналитик "Clearcable Networks", Дандас, провинция Онтарио, Канада.

- **Долженко Артем Михайлович**, зам. директора по АХР ТИ (филиала) ДГТУ в г. Азове

С 56 **Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике**
[Электронный ресурс]. 2018. Т. 19. № 4-1 (10). – 43 стр. ISBN 978-0-4638-6879-9

В журнале публикуются материалы в области развития научно-исследовательского потенциала образовательных организаций, обмена знаниями и опытом в области проектирования, внедрения и совершенствования перспективных инновационных методов и технологий в различных областях, формирования научной международной среды обучающихся для дальнейшего сотрудничества и обмена опытом.

ISBN 978-0-4638-6879-9

СОДЕРЖАНИЕ

Мищенко Евгений Николаевич Лопатин Вадим Федорович СКИН-ЭФФЕКТ В ОБМОТКАХ ИНДУКТОРОВ СИЛОВЫХ УСТРОЙСТВ	5
Королев Марк Евгеньевич Королев Евгений Александрович Юшков Никита Владимирович НЕМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ В СФЕРЕ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА	14
Гогитидзе Мери Вахтангиевна Машенко Яна Анатольевна АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ УМП «ПРИМОРСКИЙ ВОДОПРОВОД»	25
Гогитидзе Мери Вахтангиевна Куприянчик Илья Олегович АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ В ГОРОДЕ АЗОВЕ НА ПРИМЕРЕ ООО «УК-ПРЕСТИЖ»	29
Таран Владимир Николаевич Долженко Кристина Кястучио ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИУРЕТАНА В КАЧЕСТВЕ УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВАГОННЫХ ТЕЛЕЖЕК	37
Долженко Артем Михайлович Бойко Елена Юрьевна МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АНОЛОГА МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ПОЛЗУНА КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА	41

TABLE OF CONTENTS

Mishchenko Evgeniy Nikolaevich Lopatin Vadim Fedorovich SKIN EFFECT IN THE WIRES OF INDUCTORS OF POWER DEVICES.....	5
Korolev Mark Korolev Evgenii Iushkov Nikita NONMETRIC ESTIMATION METHODS IN THE SPHERE OF THE AUTOMOBILE TRANSPORT DEVELOPMENT	14
Gogitidze Mary Vakhtangievna Mashchenko Yana Anatolyevna ANALYSIS OF LABOR SUPPLY OF PRIMORSKY WATER PIPELINE	25
Gogitidze Mary Vakhtangievna Kupriyanchik Ilya Olegovich ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN THE CITY OF AZOV ON THE EXAMPLE OF OOO «UK-PRESTIGE»	29
Taran Vladimir Nikolaevich Dolzhenko Kristina Kyastuchio CONSTRUCTION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF POLYURETHANE APPLICATION AS ELASTIC DAMPING ELEMENTS OF WAGON TRUCKS	37
Dolzhenko Artem Mikhailovich Boyko Elena Yuryevna MATHEMATICAL MODEL OF THE ANOLOGY OF THE MAXIMUM SPEED OF THE CRIME OF THE CRIMPLE-CREW MECHANISM.....	41

УДК 621.317.4+06

СКИН-ЭФФЕКТ В ОБМОТКАХ ИНДУКТОРОВ СИЛОВЫХ УСТРОЙСТВ

Мищенко Евгений Николаевич, Лопатин Вадим Федорович

Ростовский государственный университет путей сообщения,

Ростов-на-Дону, Россия

Аннотация

В статье рассмотрено влияние скин-эффекта на проводимость в проводах круглого сечения. Предложен вариант решения дифференциального уравнения, описывающего скин-эффект, в цилиндрической системе координат варианты. Полученные решения позволили выявить некоторые особенности поведения проводимости в проводах круглой формы. Показана необходимость учёта этих особенностей при конструировании силовых индукторов.

Ключевые слова: скин-эффект, дифференциальное уравнение, проводимость.

SKIN EFFECT IN THE WIRES OF INDUCTORS OF POWER DEVICES

Mishchenko Evgeniy Nikolaevich, Lopatin Vadim Fedorovich

Rostov State Transport University (RSTU),

Rostov-on-Don, Russia

Abstract

The article considers the effect of the skin effect on the conductivity in circular wires. A variant of the solution of the differential equation describing the skin effect in a cylindrical coordinate system is proposed. The obtained solutions allowed to identify some features of the behavior of the conduction in the wires of the round shape. The necessity of taking into account these features in the design of power inductors is shown.

Keywords: skin effect, differential equation, conductivity.

Работа выполнена при финансовой поддержке Ростовского государственного университета путей сообщения в рамках гранта № 327 от 02.07.2018 г.

Введение

Скин-эффект имеет важные приложения во многих разделах физики и техники. Существует множество монографий и учебников, где явление скинирования рассматривается с той или иной степенью полноты. Весьма подробно классический скин-эффект описан в учебниках И.Е. Тамма [1], А. Зоммерфельда [2], а также Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица [3] в разделах, посвященных квазистационарным явлениям. По понятным причинам авторы, в силу ограниченности объемов этих монографий и широты охватываемого материала, не имели возможности уделять внимание тонким моментам решения дифференциальных уравнений, описывающим скин-эффект, отдавая это на откуп математикам [4] и приводя преимущественно окончательные результаты. Авторы более поздних работ в своих выкладках, как правило, также, просто опираются на работы классиков, не вникая в подробности получения этих результатов.

При решении более узких задач, например, моделирования процессов влияния скин-эффекта в индукторах силовых устройств высокой частоты, важны не только сами окончательные решения, но и процессы их получения, желательно, как можно более простыми способами и с учетом накладываемых естественных ограничений.

Целью этой работы является поиск наиболее простых решений дифференциальных уравнений в цилиндрической системе координат, описывающих влияние скин-эффекта и оценка этого влияния на работу силовых индукторов преобразователей напряжений.

Физическая картина возникновения скин-эффекта

Сначала рассмотрим физическую картину возникновения скин-эффекта в цилиндрическом проводнике (рисунок 1) [5], по которому течёт ток. Вокруг проводника с током имеется магнитное поле, силовые линии которого являются концентрическими окружностями с центром на оси проводника. Увеличение силы тока приводит к росту индукция магнитного поля. При этом форма силовых линий остаётся прежней. В каждой точке внутри проводника производная $\frac{\partial B}{\partial t}$ направлена по касательной к линии индукции магнитного поля и, следовательно, линии $\frac{\partial B}{\partial t}$ также являются окружностями, совпадающими с линиями индукции магнитного поля. Изменяющееся магнитное поле по закону электромагнитной индукции $rot E = -\frac{\partial B}{\partial t}$ создаёт электрическое индукционное поле, силовые линии которого представляют замкнутые кривые вокруг линии индукции магнитного поля. Вектор напряжённости индукционного поля в более близких к оси проводника областях направлен противоположно вектору напряжённости электрического поля, создающего ток, а в более дальних – совпадает с ним. В результате плотность тока уменьшается в приосевых областях и увеличивается вблизи поверхности проводника, то есть возникает скин-эффект.

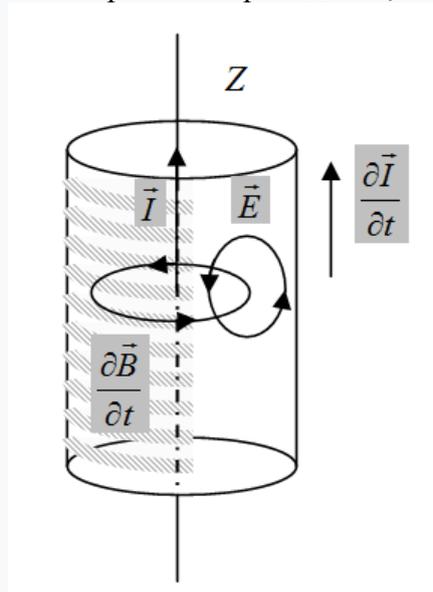


Рисунок 1 – Скин-эффект

Наиболее просто находится решение задачи о распределении тока по сечению для проводника, занимающего полупространство. В этой постановке проводник имеет форму плоского слоя, толщина которого значительно меньше ширины (т.е. представляет собою пластину бесконечной длины и ширины.). Ось y , ограничивает полупространство слева. Ось x делит полупространство на две части [2]. Изменения вдоль оси z отсутствуют.

Запишем систему уравнений, описывающую скин-эффект для такого случая. Исходим из уравнений Максвелла:

$$rot \vec{D} = \mu_0 \vec{j}; \quad rot \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

и выражения для тока j по закону Ома: $\vec{j} = \sigma \vec{E}$.

Дифференцируя обе части полученного уравнения по времени, находим:

$$\operatorname{rot} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} = \mu_c \sigma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad \text{или} \quad -\operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{E} - \mu_c \sigma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}.$$

Поскольку $\operatorname{rot} \operatorname{rot} \vec{E} - \operatorname{grad} \operatorname{div} \vec{E} - \nabla^2 \vec{E}$ и $\operatorname{div} \vec{E} = \rho$ окончательно получаем:

$$\nabla^2 \vec{E} - \mu_c \sigma \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}.$$

Полагая, что $\vec{E}(r, \varphi, z, t) = \vec{E}(r, \varphi, z) e^{i\omega t}$, переходим к амплитудным значениям:

$$\nabla^2 \vec{E} \quad \text{или} \quad \nabla^2 \vec{E} \quad (\text{уравнение Гельмгольца}),$$

$$\text{где } k = \sqrt{i\mu_c \sigma \omega} = \alpha + i\beta, \quad \alpha = \beta = \sqrt{\frac{\mu_c \sigma \omega}{2}}.$$

Ищем распределения напряженности электрического поля продольной компоненты \vec{E}_z только вдоль оси x .

Уравнение Гельмгольца в такой системе координат будет иметь вид:

$$\frac{\partial^2 \vec{E}_z}{\partial x^2} - \kappa^2 \vec{E}_z = 0.$$

Общее решение такого уравнения известно: $\vec{E}_z = A_1 e^{-\kappa x} + A_2 e^{\kappa x}$ [2]. Соблюдая условия физической реализуемости нетрудно прийти к окончательному виду решения:

$$\vec{E}_z = \vec{E}_{z0} e^{-\alpha x}.$$

Как видим, электромагнитная волна, попадая в металл, быстро затухает. Процесс затухания определяется выражением $e^{-\alpha x}$. Если задаться уменьшением амплитуды напряженности поля в $e \approx 2,71$ раз на глубине θ , то эту глубина может быть определена из условия $e^{-\alpha \theta} = e^{-1}$. Откуда $\theta = \frac{1}{\alpha} = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu_c \sigma}}$. Величину θ принято называть эквивалентной глубиной проникновения поля. Используя эту величину коэффициент распространения можно записать как [2]:

$$|k| = \sqrt{2} \cdot \alpha = \frac{\sqrt{2}}{\theta}, \quad k = i|k| = i \frac{\sqrt{2}}{\theta}, \quad (1)$$

Скин-эффект в проводниках круглого сечения

Однако, с учетом цели работы и с практической точки зрения более интересен вариант, когда проводник имеет круглую форму. Для того чтобы исследовать этот случай переходим к уравнению в цилиндрической системе координат.

Для продольной компоненты в цилиндрической системе координат:

$$\nabla^2 = \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2};$$

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial \vec{E}_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 \vec{E}_z}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 \vec{E}_z}{\partial z^2} = k^2 \vec{E}_z.$$

С учетом осевой симметрии и $\frac{\partial^2 E_0}{\partial z^2} = 0$ (линейный закон зависимости $E_0(z)$) имеем:

$$\frac{1}{r} \cdot \left[\frac{\partial \vec{E}_z}{\partial r} + r \frac{\partial^2 \vec{E}_z}{\partial r^2} \right] = k^2 \vec{E}_z \quad \text{или} \quad \frac{\partial^2 \vec{E}_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial \vec{E}_z}{\partial r} - k^2 \vec{E}_z = 0. \quad (2)$$

Уравнение принадлежит семейству уравнений Бесселя. Отличие этого уравнения от уравнения Гельмгольца состоит в присутствии в его составе первой производной по радиусу r .

Известно [1, 4], что интегралы уравнения Бесселя не выражаются через элементарные функции. Поэтому решение будем искать в виде $\bar{E}_z = C \cdot J_0(u)$, где $u = u(r)$.

Пользуясь известными линейными преобразованиями функций Бесселя [4]:

$$\begin{aligned} J'_v(x) &= -J_{v+1}(x) + \frac{v}{x} J_v(x); \\ J'_v(x) &= \frac{1}{2} [J_{v-1}(x) - J_{v+1}(x)]; \\ J_v(x) &= \frac{2v-2}{x} J_{v-1}(x) - J_{v-2}(x), \end{aligned}$$

найдем производные от решения, входящие в состав уравнения (1).

$$\begin{aligned} J'_0(u) &= -J_1(u)u'; \\ J''_0(u) &= -[J_1(u)u']' = -[J'_1(u)(u')^2 + J_1(u)u''] = -\left[\left(\frac{1}{2}(J_0(u) - J_2(u))\right)(u')^2 + J_1(u)u''\right] = \\ &= -\left[\left(\frac{1}{2}\left(J_0(u) - \left\{\frac{2}{u}J_1(u) - J_0(u)\right\}\right)\right)(u')^2 + J_1(u)u''\right] = -\left[\left(\frac{1}{2}\left(2J_0(u) - \frac{2}{u}J_1(u)\right)\right)(u')^2 + J_1(u)u''\right] = \\ &= -J_0(u)(u')^2 + \frac{1}{u}J_1(u)(u')^2 - J_1(u)u''. \end{aligned}$$

После подстановки дифференциальное уравнение (1) будет приведено к виду:

$$-J_0(u)(u')^2 + \frac{1}{u}J_1(u)(u')^2 - J_1(u)u'' - \frac{1}{r}J_1(u)u' - k^2J_0(u) = 0 \quad (3)$$

Уравнение (4) превращается в тождество, если:

$$\begin{cases} (u')^2 + k^2 = 0 \\ \frac{1}{u}(u')^2 - u'' - \frac{1}{r}u' = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Выразив из первого уравнения системы () $(u')^2$ и подставив во второе, получаем:

$$u'' + \frac{1}{r}u' + \frac{1}{u}k^2 = 0 \quad (5)$$

Нетрудно убедиться путем простой подстановки, что решение уравнения есть $u(r) = ikr$. Отсюда общее решение уравнения (2) должно быть: $\bar{E}_z(r) = C_0 J_0(ikr) = C_0 I_0(kr)$, где $I_0(kr)$ – модифицированная функция Бесселя первого рода нулевого порядка или функция Инфельда нулевого порядка. Функция Инфельда нулевого порядка имеет вид:

$$I_0(kr) = \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{kr}{2}\right)^{2m}}{(m!)^2}.$$

Учитывая, что $k = \sqrt{i\mu_c \sigma \omega}$, нетрудно видеть, что:

$$I_0\left(r\sqrt{\mu_c \sigma \omega} \sqrt{i}\right) = ber\left(r\sqrt{\mu_c \sigma \omega}\right) + i \cdot bei\left(r\sqrt{\mu_c \sigma \omega}\right),$$

где $ber\left(r\sqrt{\mu_c \sigma \omega}\right)$ и $bei\left(r\sqrt{\mu_c \sigma \omega}\right)$ – действительная и мнимая части функции Томсона. Причем действительная и мнимая части выражаются соотношениями:

$$\operatorname{Re}\left\{I_0\left(r\sqrt{\mu_c \sigma \omega} \sqrt{i}\right)\right\} = ber\left(r\sqrt{\mu_c \sigma \omega}\right) \approx 1 - \frac{\left(\frac{r}{2}\sqrt{\mu_c \sigma \omega}\right)^4}{(2!)^2} + \frac{\left(\frac{r}{2}\sqrt{\mu_c \sigma \omega}\right)^8}{(4!)^2} - \dots;$$

$$\operatorname{Im}\left\{I_0\left(r\sqrt{\mu_c\sigma\omega}\sqrt{i}\right)\right\}=ber\left(r\sqrt{\mu_c\sigma\omega}\right)\approx\frac{\left(\frac{r}{2}\sqrt{\mu_c\sigma\omega}\right)^2}{(2!)^2}-\frac{\left(\frac{r}{2}\sqrt{\mu_c\sigma\omega}\right)^6}{(4!)^2}+\dots$$

Найденное решение замечательно тем, что оно действительное и не имеет особых точек при стремлении $r \rightarrow 0$. Процесс его получения не связан с необходимостью вычислением квадратур.

На рисунках 2, 3 приведены зависимости $ber\left(r\sqrt{\mu_c\sigma\omega}\right)$, $bei\left(r\sqrt{\mu_c\sigma\omega}\right)$ и $\left|I_0\left(r\sqrt{\mu_c\sigma\omega}\sqrt{i}\right)\right|$ для проводников двух диаметров (1 мм и 0,4 мм) для двух частот (100 кГц и 1 МГц).

Как видно из рисунков из-за вихревых токов в проводнике действительные значения мгновенных напряженностей на поверхности и в теле проводника могут принимать противоположные по знаку значения. В то время как амплитуды колебаний монотонно спадают к центру проводника. С увеличением частоты спад колебаний от поверхности к центру существенно увеличивается. Особенно заметно это в проводниках большого диаметра. Собственно, в этом суть скин-эффекта.

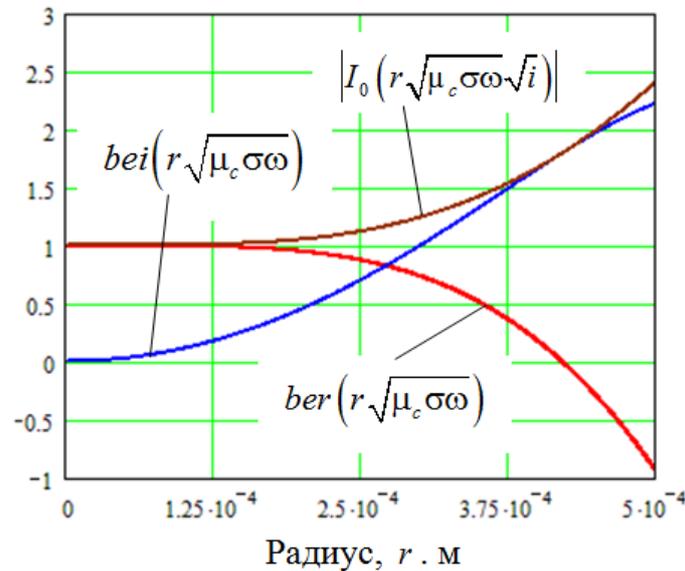


Рисунок 2 – Графики функций Инфельда для проводов диаметром 1 мм на частоте 100 кГц

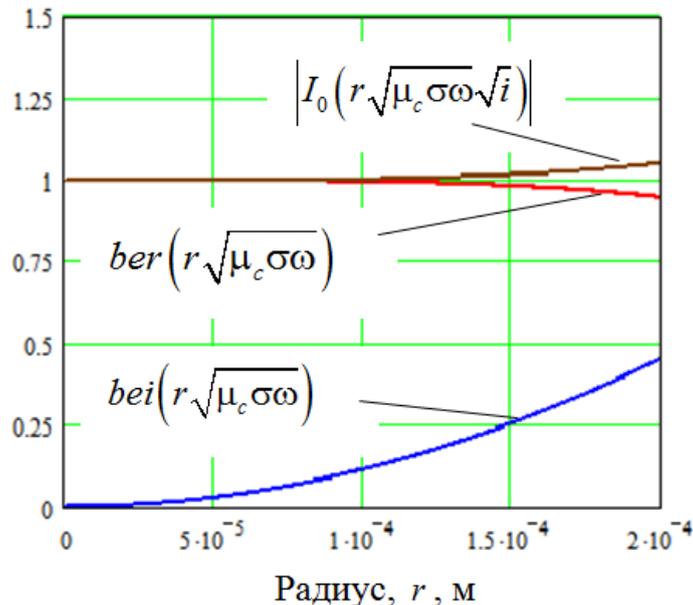


Рисунок 3 – Графики функций Инфельда для проводов диаметром 0,4 мм на частоте 100 кГц

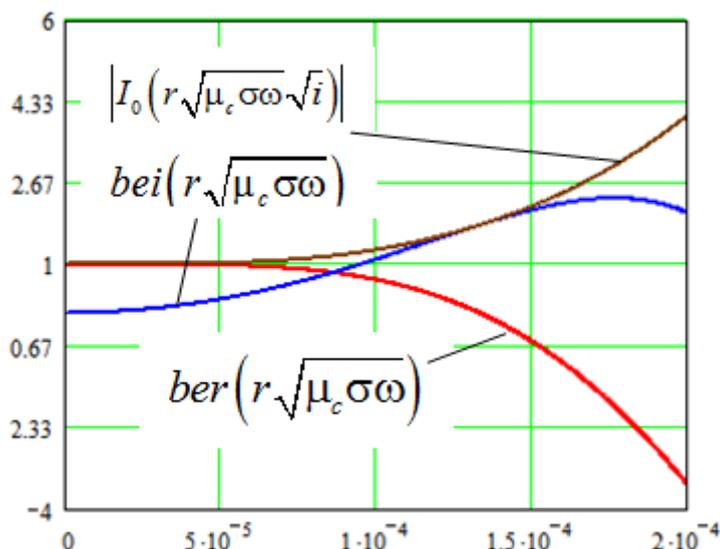


Рисунок 4 – Графики функций Инфельда для проводов диаметром 0,4 мм на частоте 1 МГц

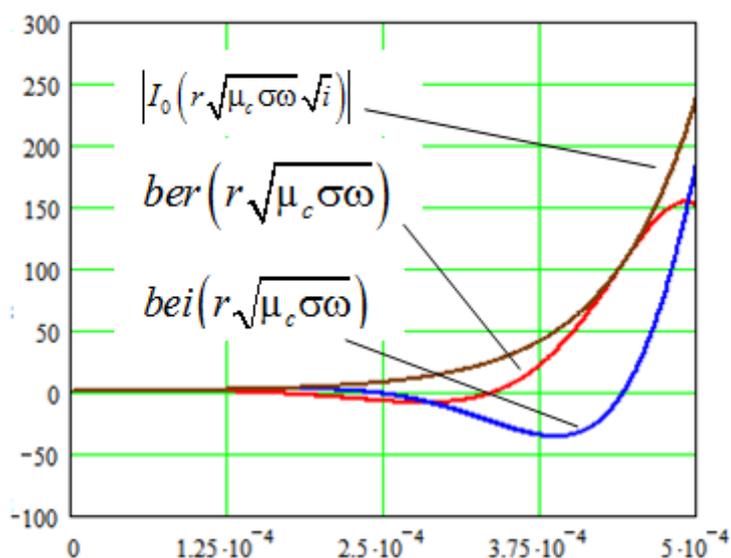


Рисунок 5 – Графики функций Инфельда для проводов диаметром 1 мм на частоте 1 МГц

Из представленного становится ясно, что использование в индукторах высокой частот обмоточных проводов большого диаметра не всегда эффективно. Гораздо полезнее использовать несколько одинаковых обмоток включенных параллельно из проводов меньшего диаметра и, следовательно, с минимальным влиянием скин-эффекта. Однако требуется ответить на вопрос. Какое количество обмоток и с каким диаметром проводов позволит свести влияние скин-эффекта к минимуму?

При этом важны не абсолютные значения проводимости, а ее относительное изменение. Чтобы получить изменение относительной проводимости по сечению соотнесем проводимость по радиусу проводника с его проводимостью на поверхности:

$$h(r) = \frac{\sqrt{\{ber(r\sqrt{\mu_e\sigma\omega})\}^2 + \{bei(r\sqrt{\mu_e\sigma\omega})\}^2}}{\sqrt{\{ber(R\sqrt{\mu_e\sigma\omega})\}^2 + \{bei(R\sqrt{\mu_e\sigma\omega})\}^2}}$$

Полученная функция $h(r)$ позволяет сопоставить результаты для плоской модели проводника и проводника круглого сечения. На рисунке 6 показаны относительные

изменения проводимости вдоль радиуса круглого проводника диаметром 1 мм и в случае плоской модели для различных частот.

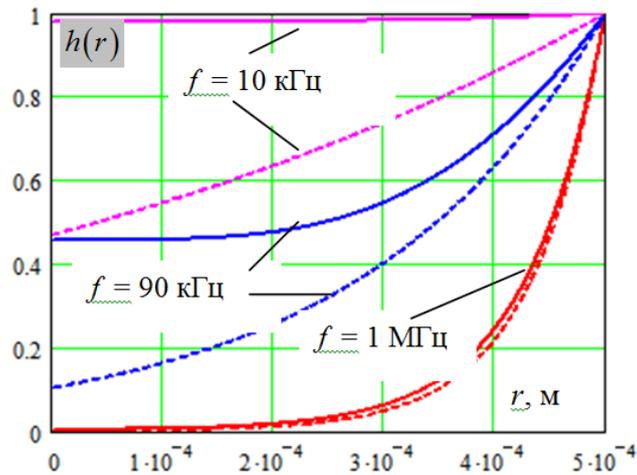


Рисунок 6 – Изменение относительной проводимости вдоль радиуса круглого проводника диаметром 1 мм (сплошная линия) и в случае плоской модели проводника (пунктирная линия)

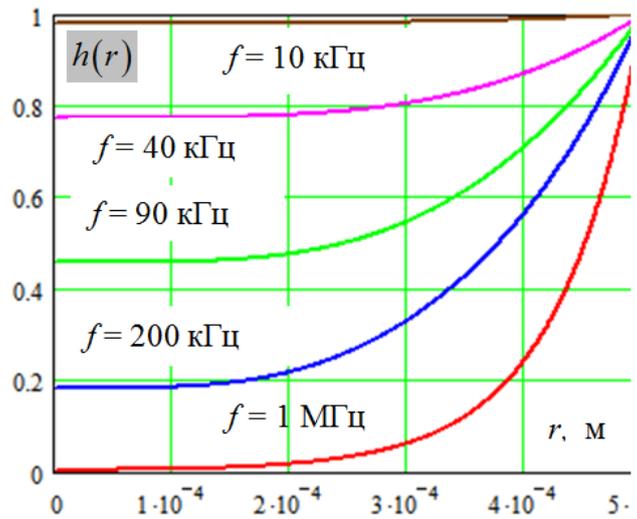


Рисунок 7 – Изменение относительной проводимости вдоль радиуса круглого проводника диаметром 1 мм

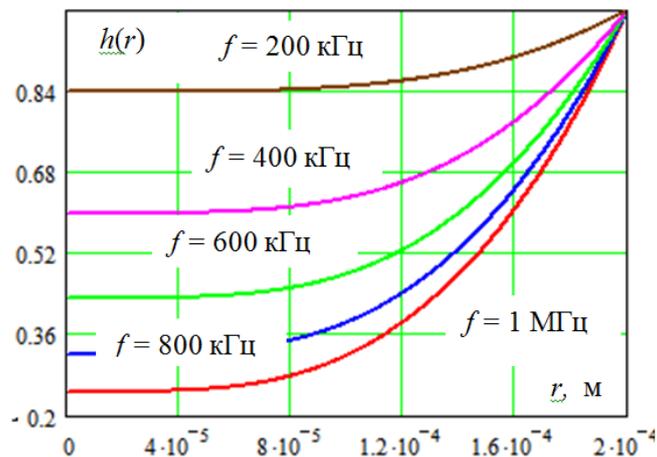


Рисунок 8 – Изменение относительной проводимости вдоль радиуса круглого проводника диаметром 0,4 мм

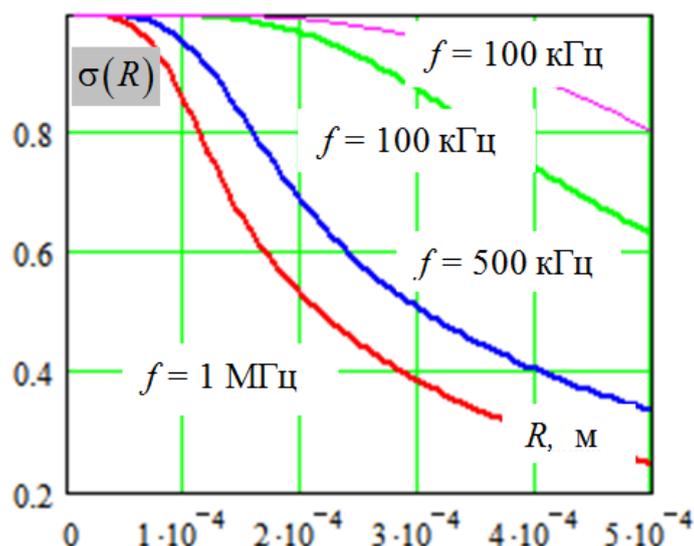


Рисунок 9 – Относительное интегральное изменение проводимости в зависимости от диаметра проводника на различных частотах

На частоте 1 МГц обе модели дают почти совпадающие результаты. Однако на более низких частотах разница весьма существенная. Как видно проводимость в сердцевине провода для круглого проводника почти в два раза меньше чем в случае плоской модели. На рисунках 7 и 8 приведены изменения относительной проводимости в проводах разных диаметров: 1 мм и 0,4 мм. Падение проводимости в проводах меньшего диаметры существенно меньше. На рисунке 10 представлено распределение потерь вдоль радиуса в проводниках различных диаметров на частоте 1 МГц. С уменьшением диаметры потери быстро падают.

На практике важны относительные потери проводимости осредненные по всему сечению. Эта характеристика может быть вычислена как:

$$\sigma(R) = \frac{2}{R^2} \int_0^R h(r) r dr .$$

На рисунке 9 представлены кривые относительного интегрального изменения проводимости в зависимости от диаметра проводника на различных частотах. Как видно на частоте 1 МГц потери становятся заметными при диаметре более 0,1 мм. В то время как на частоте 100 кГц существенные потери проводимости наблюдаются, только начиная с диаметра 0,4 мм.

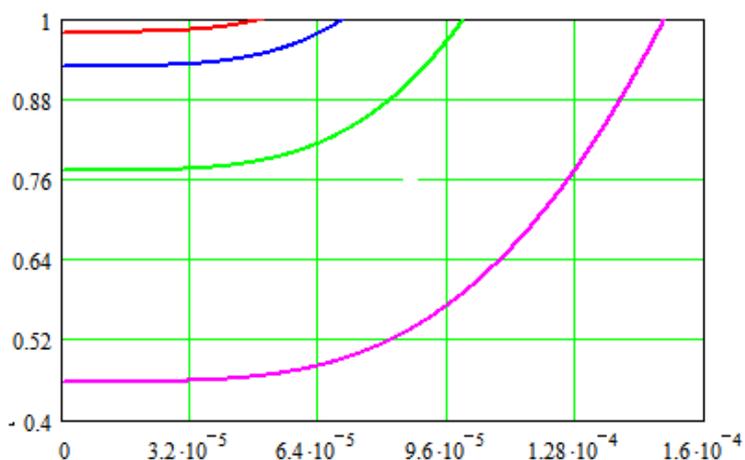


Рисунок 10 – Распределение потерь вдоль радиусов в проводниках различных диаметров на частоте 1 МГц

Выводы:

1 В отличие от методов известных авторам из литературных источников в представленном методе процесс поиска решения не связан с необходимостью вычисления квадратур или использования степенных рядов, что существенно этот процесс упрощает. Авторы полагают, что в дальнейшем этот метод может быть использован при решении других задач, связанных с поиском решений дифференциальных уравнений высоких порядков;

2 Достоинство найденного решение в форме Бесселевых функций даёт возможность проводить любые аналитические исследования, преобразования и моделирование. Найденное решение действительно и не имеет особых точек, в том числе и в случае $r \rightarrow 0$;

3 Решение полезно с практической точки зрения. Оно показывает, что форма проводника существенно влияет на процессы, связанные со скин-эффектом, что обязательно должно учитываться при конструировании силовых индукторов.

Литература

1. Тамм И. Е. Основы теории электричества: Учеб. пособие для вузов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 616 с.;
2. Зоммерфельд А. Электродинамика. Перевод с немецкого. Под ред. С.А. Элькинда. М.: ИЛ, 1958. 506 с.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика, Том VIII. М.: Наука, 1982. 622 с.;
4. Ватсон Г.Н. Теория Бесселевых функций. Часть первая. М.: ИЛ, 1949. 800 с.4.
5. Калашников С. Г. Электричество: Учебн. пособие. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. 624 с.

УДК 519.863

НЕМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ В СФЕРЕ РАЗВИТИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

**Королев Марк Евгеньевич, Королев Евгений Александрович,
Юшков Никита Владимирович**

Донецкий национальный технический университет,
Автомобильно-дорожный институт,
Горловка, Донецкая Народная Республика

Аннотация

В статье исследуются неметрические методы многомерного шкалирования в сфере развития автомобильного транспорта на примере автовокзалов. Рассматривается возможность внедрения статистической оценки городского автомобильного транспорта для эксплуатируемых объектов и модернизации уже созданных. Данная модель автоматизированна в полном объеме и может быть применима для транспортной инфраструктуры, в частности автовокзалов и ж/д вокзалов. В статье авторы показывают возможность визуализации исследуемых объектов (в данном случае – автовокзалов) в пространстве восприятия субъектов (пассажиров, руководства автотранспортным комплексом) в интерактивном режиме.

Ключевые слова: неметрические методы, корреляционная матрица, алгоритм, автовокзал.

NONMETRIC ESTIMATION METHODS IN THE SPHERE OF THE AUTOMOBILE TRANSPORT DEVELOPMENT

Korolev Mark, Korolev Evgenii, Iushkov Nikita

Donetsk National Technical University,
Automobile-Highway Institute,
Gorlovka, Donetsk People Republic

Abstract

The article studies nonmetric methods of multidimensional scaling in the sphere of the automobile transport development using bus stations as an example. The implementation possibility of the urban automobile transport statistical estimation for objects in operation and modernization of already created ones is considered. This model is fully automated and can be used for transport infrastructure, in particular bus stations and railway stations. In the article, the authors show the visualization possibility of the objects under study (in this case – bus stations) in the perception space of subjects (passengers, management of the automobile transport complex) in the interactive mode.

Keywords: nonmetric methods, correlation matrix, algorithm, bus station.

Введение

В настоящей статье рассматриваются неметрические методы многомерного шкалирования в сфере развития автомобильного транспорта. Актуальность данной работы заключается в расположении исследуемых объектов в пространстве восприятия субъектов с последующей интерпретацией графического образа с целью выявления проблемных ситуаций исследуемых объектов транспортной инфраструктуры.

Оригинальность идеи – применение статистической обработки данных на основе неметрических методов многомерного шкалирования. Данная модель, в отличие от разработанных ранее и примененных на инфраструктуре СНГ, *базируется не на*

количественном сборе исходных данных, а на исходной матрице сходства и различия исследуемых объектов с последующим применением алгоритмов Хоттелинга [1] и НММШ.

Существует некоторая шкала с определенным количеством делений, к примеру 10. Она оценивает взятую пару объектов по степени их сходства.

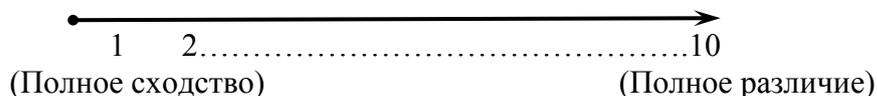


Рис.1 – Шкала делений

Следующим шагом является упорядочение $n(n-1)/2$ пар исследуемых объектов и получение матрицы различий, которая содержит характеристики непохожести анализируемых объектов [1].

Данную модель будем реализовывать по шагам (1-6).

Шаг 1. (Определение порядковых характеристик различий)

Таблица 1. Порядковые характеристики различий

		Южный Донецкий а/в	Горловский а/в	Макеевский а/в	Северный Донецкий а/в	Западный Донецкий а/в
		1	2	3	4	5
Южный Донецкий а/в	1	0	10	9	3	7
Горловский а/в	2	10	0	1	5	2
Макеевский а/в	3	9	1	0	4	6
Северный Донецкий а/в	4	3	5	4	0	8
Западный Донецкий а/в	5	7	2	6	8	0

В качестве удобства оформления примем следующие сокращения:

- 1) Южный Донецкий а/в – ЮД а/в; 2) Горловский а/в – Г а/в; 3) Макеевский а/в – М а/в; 4) Северный Донецкий а/в – СД а/в; 5) Западный Донецкий а/в – ЗД а/в.

Шаг 2. (Поиск стартовой конфигурации)

Применим алгоритм Хоттелинга (метод главных факторов) и получим приблизительные координаты точек. Исходная корреляционная матрица имеет вид:

$$R_n = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 3 & 9 & 7 \\ 2 & 0 & 1 & 10 & 5 \\ 3 & 1 & 0 & 8 & 6 \\ 9 & 10 & 8 & 0 & 4 \\ 7 & 5 & 6 & 4 & 0 \end{pmatrix}$$

Таблица 2. Первая итерация вычислений

	R_h					$S_i^{(1)} = \sum_j r_{ij}$	$\alpha_i^{(1)} = \frac{S_i^{(1)}}{S_{\max}}$
Признак	X1	X2	X3	X4	X5		
X1	0	2	3	9	7	21	0,67742
X2	2	0	1	10	5	18	0,58065
X3	3	1	0	8	6	18	0,58065
X4	9	10	8	0	4	31	1
X5	7	5	6	4	0	22	0,70968

В качестве различия автовокзалов были взяты следующие характеристики:

- ✓ количество билетных касс;
- ✓ общее количество платформ для прибытия и отправления автобусов;
- ✓ количество камер хранения ручной клади;
- ✓ наличие компьютерных систем;
- ✓ минимальное количество обустроенных мест для пассажиров с целью ожидания поездки.

Таблица 3. Первый цикл 1 итерации: возведение в квадрат данной матрицы

	$R_h^2 = R_h R_h$					$S_i^{(1)} = \sum_j r_{ij}$	$P_i^{(2)} = R_h S_i^{(1)}$	$\alpha_i^{(2)} = \frac{P_i^{(2)}}{P_{\max}}$	$d_i = \alpha_i^{(2)} - \alpha_i^{(1)} $
Признак	X1	X2	X3	X4	X5				
X1	143	128	116	72	64	523	523	0,870	0,193
X2	128	130	116	46	60	480	480	0,799	0,218
X3	116	116	110	61	58	461	461	0,767	0,186
X4	72	46	61	261	161	601	601	1,000	0,000
X5	64	60	58	161	126	469	469	0,780	0,071

Затем продолжаем циклы итераций до тех пор, пока не найдем минимальные значения показателя d_i .

Таблица 4. Пятый цикл 1 итерации: возведение в тридцать вторую степень корреляционной матрицы

	$R_h^{32} = R_h^{16} R_h^{16}$					$S_i^{(6)} = \sum_j r_{ij}$	$P_i^{(6)} = R_h^5 S_i^{(5)}$	$\alpha_i^{(6)} = \frac{P_i^{(6)}}{P_{\max}}$	$d_i = \alpha_i^{(6)} - \alpha_i^{(5)} $
Признак	X1	X2	X3	X4	X5				
X1	4,6E+42	4,1E+42	4E+42	5,9E+42	4,4E+42	2,3E+43	2,3E+43	0,784	0,000
X2	4,1E+42	3,7E+42	3,6E+42	5,3E+42	4E+42	2,1E+43	2,1E+43	0,708	0,000
X3	4E+42	3,6E+42	3,5E+42	5,1E+42	3,9E+42	2E+43	2E+43	0,688	0,000
X4	5,9E+42	5,3E+42	5,1E+42	7,5E+42	5,7E+42	2,9E+43	2,9E+43	1,000	0,000
X5	4,4E+42	4E+42	3,9E+42	5,7E+42	4,3E+42	2,2E+43	2,2E+43	0,757	0,000

Определим нагрузки первого главного фактора (табл. 5)

Таблица 5. Вычисление нагрузок первого главного фактора

Признак	$\alpha_i^{(5)} = U_1$	$\beta_1 = R_h \cdot \alpha_i^{(5)}$	$A = \frac{U_1 \sqrt{\lambda_1}}{\left(\sum_i U_{1i}^2\right)^{1/2}}$
X1	0,785	17,780	2,100
X2	0,708	16,042	1,895
X3	0,688	15,603	1,843
X4	1,000	22,676	2,677
X5	0,757	17,162	2,027
Собственное число: $\max \beta_1 = \lambda_1 = 22,6758$			Вектор факторных нагрузок

Итогами первой итерации будут:

а) первое собственное число $\lambda_1=22,6758$;

б) вектор факторных нагрузок: $A=(2,100 \ 1,895 \ 1,843 \ 2,677 \ 2,027)$

Определим матрицу парных корреляций (R_h^+) и поймем, нужно ли искать второе собственное число λ_2 и вектор факторных нагрузок A_2 .

$$R_h^+ = \begin{pmatrix} 2,1004 \\ 1,8952 \\ 1,8432 \\ 2,6772 \\ 2,0265 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 100 & 1,895 & 1,843 & 2,677 & 2,027 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4,412 & 3,981 & 3,872 & 5,623 & 4,257 \\ 3,981 & 3,592 & 3,493 & 5,074 & 3,841 \\ 3,872 & 3,493 & 3,398 & 4,935 & 3,735 \\ 5,623 & 5,074 & 4,935 & 7,168 & 5,426 \\ 4,257 & 3,841 & 3,735 & 5,426 & 4,107 \end{pmatrix}$$

Разность между матрицами $R_h - R_h^+$ отобразит остаточную корреляцию и скажет о целесообразности введения второго главного фактора.

$$R_1 = R_h - R_h^+ = \begin{pmatrix} 0 & 2 & 3 & 9 & 7 \\ 2 & 0 & 1 & 10 & 5 \\ 3 & 1 & 0 & 8 & 6 \\ 9 & 10 & 8 & 0 & 4 \\ 7 & 5 & 6 & 4 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 412 & 3,981 & 3,872 & 5,623 & 4,257 \\ 981 & 3,592 & 3,493 & 5,074 & 3,841 \\ 872 & 3,493 & 3,398 & 4,935 & 3,735 \\ 623 & 5,074 & 4,935 & 7,168 & 5,426 \\ 257 & 3,841 & 3,735 & 5,426 & 4,107 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 412 & -1,981 & -0,872 & 3,377 & 2,7 \\ 981 & -3,592 & -2,493 & 4,926 & 1,1 \\ 872 & -2,493 & -3,398 & 3,065 & 2,2 \\ 623 & 4,926 & 3,065 & -7,168 & -1,4 \\ 257 & 1,159 & 2,265 & -1,426 & -4,1 \end{pmatrix}$$

По данной матрице видно, что остаточные значения имеют все еще достаточно большие значения, поэтому необходимо вводить второй главный фактор. Последующие действия аналогичны первой итерации, только вычисления происходят по данным матрицы R_1 .

Дана корреляционная матрица остатков:

$$R_1 = \begin{pmatrix} 1,4117 & 1,9808 & 0,8716 & 3,37672 & 2,74347 \\ -1,981 & -3,592 & -2,493 & 4,926 & 1,1592 \\ -0,872 & -2,493 & -3,398 & 3,065 & 2,2645582 \\ 3,377 & 4,926 & 3,065 & -7,168 & -1,4255 \\ 2,743 & 1,159 & 2,265 & -1,426 & -4,1068 \end{pmatrix}$$

Таблица 6. Вторая итерация вычислений

Признак	R_1					$S_i^{(1)} = \sum_j r_{ij}$	$\alpha^{(1)} = \frac{S_i^{(1)}}{S_{\max}}$
	X1	X2	X3	X4	X5		
X1	-4,4117	-1,9808	-0,8716	3,37672	2,74347	-1,1439	-0,4123
X2	-1,9808	-3,592	-2,4935	4,92595	1,1592	-1,9811	-0,714
X3	-0,8716	-2,4935	-3,3976	3,06513	2,26456	-1,433	-0,5165
X4	3,37672	4,92595	3,06513	-7,1676	-1,4255	2,77467	1
X5	2,74347	1,1592	2,26456	-1,4255	-4,1068	0,63488	0,22881

Таблица 7. Первый цикл 2 итерации: возведение в квадрат корреляционной матрицы

Признак	$R_1^2 = R_1^T R_1$					$S_i^{(2)} = \sum_j r_{ij}$	$P_i^{(2)} = R_1 S_i^{(1)}$	$\alpha_i^{(2)} = \frac{P_i^{(2)}}{P_{\max}^{(2)}}$	$d_i = \alpha_i^{(2)} - \alpha_i^{(1)} $
	X1	X2	X3	X4	X5				
X1	43,0751	37,8408	28,3085	-55,44	-32,454	21,3309	21,3309	0,550	0,962
X2	37,8408	48,6521	36,8786	-68,985	-27,027	27,359	27,359	0,705	1,419
X3	28,3085	36,8786	33,0442	-50,838	-26,645	20,7482	20,7482	0,535	1,051
X4	-55,44	-68,985	-50,838	98,4689	37,9871	-38,807	-38,807	-1,000	2,000
X5	-32,454	-27,027	-26,645	37,9871	32,8967	-15,243	-15,243	-0,393	0,622

Таблица 8. Пятый цикл 2 итерации: возведение в тридцать вторую степень корреляционной матрицы

Признак	$R_1^{32} = R_1^{16} R_1^{16}$					$S_i^{(6)} = \sum_j r_{ij}$	$P_i^{(6)} = R_1^5 S_i^{(5)}$	$\alpha_i^{(6)} = \frac{P_i^{(6)}}{P_{\max}^{(6)}}$	$d_i = \alpha_i^{(6)} - \alpha_i^{(5)} $
	X1	X2	X3	X4	X5				
X1	1,1E+18	1,3E+18	9,9E+17	-2E+18	-9E+17	7,1E+17	7,1E+17	0,614	0,000
X2	1,3E+18	1,4E+18	1,1E+18	-2E+18	-1E+18	8,2E+17	8,2E+17	0,703	0,000
X3	9,9E+17	1,1E+18	8,9E+17	-2E+18	-8E+17	6,4E+17	6,4E+17	0,550	0,000
X4	-2E+18	-2E+18	-2E+18	2,9E+18	1,4E+18	-1E+18	-1E+18	-1,000	0,000
X5	-9E+17	-1E+18	-8E+17	1,4E+18	6,5E+17	-5E+17	-5E+17	-0,472	0,000

Найдем нагрузки второго главного фактора.

Таблица 9. Вычисление нагрузок второго главного фактора

Признак	$\alpha_i^{(5)} = U_2$	$\beta_2 = R_h \cdot \alpha_i^{(5)}$	$A = \frac{U_2 \sqrt{\lambda_1}}{\left(\sum_i U_{2i}^2\right)^{1/2}}$
X ₁	0,614	-9,254	1,540
X ₂	0,703	-10,587	1,762
X ₃	0,550	-8,292	1,380
X ₄	-1,000	15,064	-2,507
X ₅	-0,472	7,111	-1,183
Собственное число: $\max \beta_2 = \lambda_1 = 15,064$			Вектор факторных нагрузок

Подытожим результаты второй итерации:

а) первое собственное число $\lambda_1 = 15,064$;

б) вектор факторных нагрузок: $A = (1,540 \ 1,762 \ 1,380 \ -2,507 \ -1,183)$.

Определим матрицу парных корреляций и поймем, нужно ли искать второе собственное число λ_3 и вектор факторных нагрузок A_2 .

$$R_h^+ = \begin{pmatrix} 0,53993 \\ 0,7618 \\ 0,37992 \\ 2,5068 \\ 1,1833 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,53993 & 1,7618 & 1,37992 & 2,5068 & 1,18329 \end{pmatrix} =$$

$$= \begin{pmatrix} 2,371 & 2,713 & 2,125 & -3,860 & -1,822 \\ 2,713 & 3,104 & 2,431 & -4,417 & -2,085 \\ 2,125 & 2,431 & 1,904 & -3,459 & -1,633 \\ -3,860 & -4,417 & -3,459 & 6,284 & 2,966 \\ -1,822 & -2,085 & -1,633 & 2,966 & 1,400 \end{pmatrix}$$

Разность между матрицами (R_h^+) отобразит остаточную корреляцию и скажет о целесообразности введения второго главного фактора.

$$R_2 = R_1 - R_h^+ = \begin{pmatrix} 0,41 & -1,98 & -0,87 & 3,38 & 2,74 \\ 0,98 & -3,59 & -2,49 & 4,93 & 1,16 \\ 0,87 & -2,49 & -3,40 & 3,07 & 2,20 \\ 3,38 & 4,93 & 3,07 & -7,17 & -1,4 \\ 0,74 & 1,16 & 2,26 & -1,43 & -4,1 \end{pmatrix} =$$

$$\begin{pmatrix} 1,37 & 2,71 & 2,12 & -3,86 & -1,82 \\ 1,71 & 3,10 & 2,43 & -4,42 & -2,08 \\ 1,12 & 2,43 & 1,90 & -3,46 & -1,63 \\ 3,86 & -4,42 & -3,46 & 6,28 & 2,97 \\ 1,82 & -2,08 & -1,63 & 2,97 & 1,40 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 78 & -4,69 & -3,00 & 7,24 & 4,57 \\ 69 & -6,70 & -4,92 & 9,34 & 3,24 \\ 00 & -4,92 & -5,30 & 6,52 & 3,90 \\ 24 & 9,34 & 6,52 & -13,45 & -4,39 \\ 57 & 3,24 & 3,90 & -4,39 & -5,51 \end{pmatrix}$$

В качестве более визуального представления остановимся на двухфакторном пространстве с факторами F_1 и F_2 .

Таблица 10. Итоговая таблица

	Главный фактор (факторные нагрузки)	
	F ₁	F ₂
X1	2,100	1,540
X2	1,895	1,762
X3	1,843	1,380
X4	2,677	-2,507
X5	2,027	-1,183

Шаг 3. (Стандартизация оценок координат и расстояний)

Стандартизацию следует проводить, так как стимулы в полученном факторном пространстве «сливаются» и затрудняют дальнейшие исследования [2]. Поэтому возникает необходимость продолжить вычисления в данном направлении.

Используем формулу евклидова расстояния:

Таблица 11. Нестандартизованные и стандартизованные оценки координат и расстояний

$$\delta_{ij}^E = \left(\sum_k (v_{ik} - v_{jk})^2 \right)^{1/2}$$

Нестандартизованные оценки									
		координат		расстояний d_{ij}					
		X ₁	X ₂						
ЮД а/в	1	1,1004	1,5399	0	4,488	3,875	1,537	3,555	
Г а/в	2	1,89526	1,7618	4,488	0,000	0,620	3,050	0,955	
М а/в	3	1,84327	1,3799	3,875	0,61974	0	2,461	0,339	
СД а/в t	4	2,67724	-2,5068	1,537	3,050	2,461	0	2,173	
ЗД а/в	5	2,02653	-1,1833	3,555	0,955	0,339	2,173	0	
Стандартизованные оценки									
		координат $z_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$		расстояний d_{ij}					
		X ₁	X ₂						
ЮД а/в	1	1,996	7,765	0	1,123	0,816	20,409	13,73	
Г а/в	2	1,899	8,884	1,123	0	1,926	21,529	14,85	
М а/в	3	1,874	6,959	0,816	1,926	0	19,604	12,92	
СД а/в	4	1,270	-12,64	20,409	21,529	19,604	0	6,681	
ЗД а/в	5	1,961	-5,967	13,733	14,852	12,926	6,681	0	

Шаг 4. (Неметрический этап)

Данное действие предназначено для упорядочения оценок расстояний между стимулами.

Таблица 12. Исходные ранговые оценки различий объектов и величины расстояний между ними

Исходный ранговый порядок (δ_{ij})	Стимул	Стимул	Стандартизированные расстояния (d_{ij})	Ранговый порядок стимулов в пространстве шкал X_1, X_2 ($\hat{\delta}_{ij}$)	Улучшенные оценки расстояний (d_{ij}^1)
1	М а/в	Г а/в	1,926	3	1,524
2	Г а/в	ЮД а/в	1,123	2	1,524
3	М а/в	ЮД а/в	0,816	1	3,749
4	ЗД а/в	СД а/в	6,681	4	3,749
5	ЗД а/в	Г а/в	14,852	7	13,889
6	ЗД а/в	М а/в	12,926	5	13,889
7	ЗД а/в	ЮД а/в	13,733	6	16,668
8	СД а/в	М а/в	19,604	8	16,668
9	СД а/в	ЮД а/в	20,409	9	20,409
10	СД а/в	Г а/в	21,529	10	21,529



Рисунок 1 – Отношения ранговых порядков стимулов по исходным и теоретическим данным

Рисунок 1 построен по данным рассматриваемой задачи и отображает возникшее несоответствие в изменении исходных и теоретических ранговых оценок (табл.12).

Шаг 5. (Метрический этап)

На данном этапе находят уточненные оценки координат. При этом используют формулу Лингоса–Роскама [3]:

$$x_{ik}^{c+1} = x_{ik}^c - \frac{1}{j} \sum_j \left(1 - \frac{d_{ij}^{c+1}}{d_{ij}^c} \right) (x_{ik}^c - x_{jk}^c)$$

Таким образом, перейдем к шагу 6. При неудовлетворительности содержательных оценок шага 6 – перейдем к шагу 5, и далее повторим наши шаги заново (смотри схему алгоритма).

Шаг 6.

Проводим оценку ранговым теоретическим и эмпирическим данным. Это достигается при помощи специальных стресс-формул:

Стресс-формулы Краскала

$$S_1 = \left(\frac{\sum_{ij} (d_{ij}^0 - d_{ij}^1)^2}{\sum_{ij} d_{ij}^{02}} \right)^{1/2} \quad S_2 = \left(\frac{\sum_{ij} (d_{ij}^0 - d_{ij}^1)^2}{\sum_{ij} (d_{ij}^1 - d_{..})^2} \right)^{1/2} \quad d_{..} = \frac{1}{ij} \sum_{ij} d_{ij}$$

где d – среднее арифметическое всех оцененных расстояний.

Таблица 13. Проверка на существенность улучшения теоретических оценок расстояний

Стимул	Стимул	Исходная ранговая оценка	d_{ij}^0	d_{ij}^1	$(d_{ij}^0)^2$	$(d_{ij}^0 - d_{ij}^1)^2$	$(d_{ij}^1 - d_{..})^2$
М а/в	Г а/в	1	1,926	1,524	3,709	0,1611	96,734
Г а/в	ЮД а/в	2	1,123	1,524	1,261	0,1611	96,734
М а/в	ЮД а/в	3	0,816	3,749	0,666	8,6008	57,928
ЗД а/в	СД а/в	4	6,681	3,749	44,642	8,6008	57,928
ЗД а/в	Г а/в	5	14,852	13,889	220,568	0,9269	6,395
ЗД а/в	М а/в	6	12,926	13,889	167,080	0,9269	6,395
ЗД а/в	ЮД а/в	7	13,733	16,668	188,584	8,6184	28,180
СД а/в	М а/в	8	19,604	16,668	384,316	8,6184	28,180
СД а/в	ЮД а/в	9	20,409	20,409	416,515	0,0000	81,883
СД а/в	Г а/в	10	21,529	21,529	463,494	0,0000	103,411
		Σ	113,598	113,598	1890,836	36,614	563,768
$d_{..}^1 = 113,598 / 10 = 11,360$				$S_1 = \sqrt{36,614/1890,836} = 0,139$			
				$S_2 = \sqrt{36,614/563,768} = 0,255$			

Расчет стресс-формул продемонстрирован на данных таблицы 14.

Таблица 14. Содержательная оценка величин, исчисленных по стресс-формулам S1 и S2 (Дж.Краскала) (S1= 0,139; S2 = 0,255)

Степень соответствия	Для формулы	
	S1	S2
Низкая	0,2	0,4
Удовлетворительная	0,1	0,2
Хорошая	0,05	0,15
Отличная	0,025	0,1
Превосходная	0	0

Согласно данным таблицы 14, значения критериев S₁ и S₂, рассчитанных в таблице 13, дают возможность считать результаты нашего решения как :

- а) по критерию S₁ – удовлетворительные;
- б) по критерию S₂ – удовлетворительные.

Возвращаемся к шагу 5.

Для вычисления формулы Лингоса-Роскама положим: k=1, c=0, и выпишем матрицы расстояний – d_{ij}^0 и d_{ij}^1 .

$$\text{Из формулы Лингоса-Роскама } \stackrel{c=0, k=1}{\Rightarrow} x_i^1 = x_i^0 - \frac{1}{j} \sum_j \left(1 - \frac{d_i^1}{d_i^0}\right) (x_i^0 - x_j^0)$$

$$d_{ij} = \begin{pmatrix} & \text{ЮД а/в} & \text{Г а/в} & \text{М а/в} & \text{СД а/в} & \text{ЗД а/в} \\ \text{ЮД а/в} & & 1,123 & 0,816 & 20,409 & 13,733 \\ \text{Г а/в} & 1,123 & & 1,926 & 21,529 & 14,852 \\ \text{М а/в} & 0,816 & 1,926 & & 19,604 & 12,926 \\ \text{СД а/в} & 20,409 & 21,529 & 19,604 & & 6,681 \\ \text{ЗД а/в} & 13,733 & 14,852 & 12,926 & 6,681 & \end{pmatrix}$$

$$d_{ij}^1 = \begin{pmatrix} & \text{ЮД а/в} & \text{Г а/в} & \text{М а/в} & \text{СД а/в} & \text{ЗД а/в} \\ \text{ЮД а/в} & & 1,524 & 3,749 & 20,409 & 16,668 \\ \text{Г а/в} & 1,524 & & 1,524 & 21,529 & 13,889 \\ \text{М а/в} & 3,749 & 1,524 & & 16,668 & 13,889 \\ \text{СД а/в} & 20,409 & 21,529 & 16,668 & & 3,749 \\ \text{ЗД а/в} & 16,668 & 13,889 & 13,889 & 3,749 & \end{pmatrix}$$

$$\begin{matrix} & X_1 & X_2 \\ \text{ЮД а/в} & 0,996 & 7,764 \\ \text{Г а/в} & 0,899 & 8,884 \\ \text{М а/в} & 0,874 & 6,954 \\ \text{СД а/в} & 1,270 & -12,641 \\ \text{ЗД а/в} & 0,961 & -5,964 \end{matrix} Z = \begin{pmatrix} & X_1 & X_2 \\ & 1,092 & 8,853 \\ & 0,892 & 8,691 \\ & 0,798 & 6,064 \\ & 1,231 & -11,468 \\ & 0,987 & -7,140 \end{pmatrix} ; Z^1 = \begin{pmatrix} & X_1 & X_2 \\ & 1,092 & 8,853 \\ & 0,892 & 8,691 \\ & 0,798 & 6,064 \\ & 1,231 & -11,468 \\ & 0,987 & -7,140 \end{pmatrix}$$

где $Z = Z(x_1^0, x_2^0)$ – старые координаты стимулов;
 $Z^1 = Z^1(x_1^1, x_2^1)$ – новые координаты стимулов } – в факторном пространстве X_1, X_2

Нанесем новые и старые координаты стимулов в факторном пространстве:

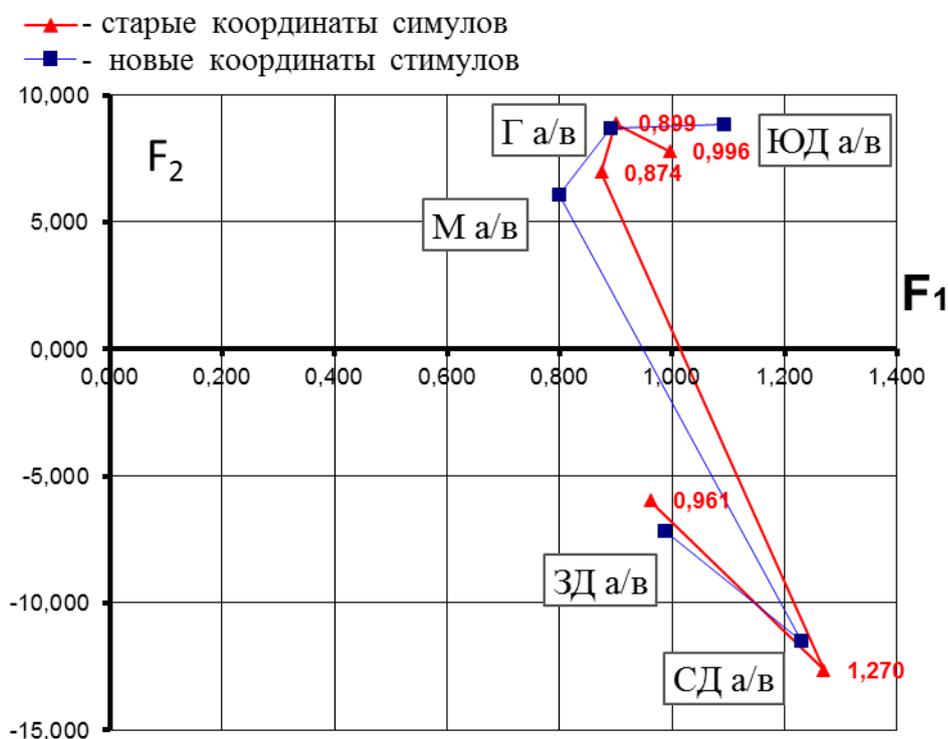


Рисунок 2 – Новые и старые координаты стимулов в факторном пространстве

Таким образом, проведенные исследования показывают возможность визуализации исследуемых объектов (в данном случае – автовокзалов) в пространстве восприятия субъектов (пассажиров, руководства автотранспортным комплексом) в интерактивном режиме. Данную визуализацию стимулов в факторном пространстве можно в автоматическом режиме наносить слоями на предыдущие состояния, что в динамическом режиме позволит руководству автотранспортного комплекса анализировать изменения исследуемых объектов. Для демонстрации данной модели была взята корреляционная матрица пятой размерности, хотя автоматизация может быть реализована для матрицы любой размерности, что позволит в реальном режиме просматривать состояния анализируемых объектов и представлять динамику развития графическим образом.

Литература

1. Королёв М. Е., Королёв Е. А., Никульшин Д. С. Управленческие решения в конфликтных ситуациях транспортных систем // Вести Автомобильно-дорожного института. 2018. № 2 (25). С. 12–18.
2. Королёв М. Е., Королёв Е. А., Никульшин Д. С. Принятие решений в условиях неопределенности в интеллектуальных транспортных системах // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса: материалы III Международной научно-практической конференции в рамках третьего Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие». 2017. С. 188-193.
3. Королёв М. Е., Королёв Е. А., Чубучный С. А. Линеаризация экспериментальных данных средствами метода-ориентированного прикладного программного пакета mathcad в управлении транспортных систем // Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике. 2016. Т. 2. № 2. С. 67-71.

УДК 331.1

АНАЛИЗ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТРУДОВЫМИ РЕСУРСАМИ УМП «ПРИМОРСКИЙ ВОДОПРОВОД»

Гогитидзе Мери Вахтангиевна, Машенко Яна Анатольевна
Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове,
Азов, Россия

Аннотация

В статье представлены результаты анализа кадровой политики УМП «Приморский водопровод», обеспеченности предприятия трудовыми ресурсами а также предложено мероприятие по совершенствованию кадровой политики.

Ключевые слова: трудовые ресурсы, кадровая политика, мотивация персонала, стимулирование труда.

ANALYSIS OF LABOR SUPPLY OF PRIMORSKY WATER PIPELINE

Gogitidze Mary Vakhtangievna, Mashchenko Yana Anatolyevna
Technological Institute (branch) DGTU in Azov,
Azov, Russia

Abstract:

The article presents the results of the analysis of the personnel policy of the Primorskiy Water Pipeline, the enterprise's supply of labor resources, and an action to improve the personnel policy.

Keywords: labor resources, personnel policy, staff motivation, labor incentives.

Введение

Актуальность рассматриваемой темы заключается в том, что сложившиеся условия конкурентной борьбы участников реального сектора экономики обуславливают необходимость систематического мониторинга внутренней среды предприятия с целью повышения его конкурентоспособности. Поскольку трудовые ресурсы предприятия являются неотъемлемой частью его внутренней среды, в данной статье приоритетным объектом исследования становятся кадровая политика, а также трудовые ресурсы конкретного субъекта рынка. Проведение анализа трудовых ресурсов позволяет определить особенности функционирования предприятия, выявить недостатки в его работе и причины их возникновения. На основе полученных результатов анализа возможна разработка мероприятий по повышению обеспеченности предприятия квалифицированными трудовыми ресурсами.

Целью проводимого исследования является анализ обеспеченности УМП «Приморский водопровод» трудовыми ресурсами. Объектом исследования является кадровая политика и трудовые ресурсы УМП «Приморский водопровод». Исследование обеспеченности предприятия трудовыми ресурсами проводилось за период с 2015 г. по 2017 г.

Методологической основой статьи послужили труды Бакалова М.И., Бердликowa Т.Б., Горфинкеля В.Я., Донцова Л.В., Никифорова Н.А., Жиделева В.В., Савицкой Г.В., а также законодательные и нормативные акты правительства РФ, Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ.

УМП «Приморский водопровод» осуществляет водоснабжение девяти сельских населенных пунктов Азовского района: с общей численностью населения 18121 чел., из них услугами пользуется 11137 чел. или 61,5 %.

В таблице 1 показана сравнительная характеристика основных показателей

численности работников и фонда оплаты труда УМП «Приморский водопровод», составленной на основании плана на 2017 г.

Таблица 1 - Численность работников и размер фонда оплаты труда УМП «Приморский водопровод»

Название показателя	Год		План
	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Среднесписочная численность работников всего, чел	77	74	135
В том числе:			
Административно-управленческий персонал	17	17	21
Работники основного производства	49	44	101
Совместители и работающие по договорам гражданско-правового характера	11	13	13
Фонд оплаты труда, всего, руб	11591748,84	15502787,85	17619735,26
в том числе:			
фонд заработной платы	8091040,69	11906903,11	12514550,84
выплаты социального характера	3500708,15	3595884,74	3779394,38
Среднемесячный полный доход руководителя	27130,39	28582,13	31202,78
Из него: заработная плата (без выплат за счёт прибыли)	18850,07	28582,13	31202,78
В том числе премии, выплаты социального характера, производимые за счёт прибыли (фонда потребления), отпускные	8280,32	5716,43	7690,13
Среднемесячный полный доход административно-управленческого персонала (руб.)	14802,58	15833,73	16312,69
Из него: заработная плата (без выплат за счёт прибыли)	10332,2	11875,30	10527,74
премии, выплаты социального характера, производимые за счёт прибыли (фонда потребления)	4470,38	3958,43	5649,95
Среднемесячный полный доход работников основного производства (руб.)	8171,62	11851,82	12321,85
Из него: заработная плата (без выплат за счёт прибыли)	5511,76	8888,86	8188,36
премии, выплаты социального характера, производимые за счёт прибыли (фонда потребления)	2659,86	2659,86	4133,49
Среднемесячная заработная плата на предприятии (руб.)	12545,18	12191	12800,50
Средний процент повышения оплаты труда работников предприятия с начала года			104 %

Показатели, характеризующие численность работников и фонда оплаты труда, показывают, что плановая среднесписочная численность предприятия значительно увеличивается в 2017 г., за счёт привлеченного на благоустройство территорий персонала на весенне – летний сезон.

Текучесть кадров незначительна, выбытие работников происходит по естественным причинам: наступление пенсионного возраста, состояние здоровья, смена места жительства.

Согласно результатам проведенного анализа было определено, что около 10% численности работников увольняется из-за низкого размера оплаты труда, отдалённости обслуживаемого участка.

Таблица 2 – Сведения о среднесписочной численности и фонде оплаты труда работников УМП «Приморский водопровод»

Наименование показателей	Год		
	2015 г.	2016 г.	2017 г.
Среднесписочная численность работников, человек	77	73	72
Фонд начисленной заработной платы, всего, тыс. руб.	11401,0	11891,0	13156,0
в том числе списочному составу и внешним совместителям, тыс. руб.	10701,0	11389,0	12369,0
Среднемесячная заработная плата, всего, рублей	12339	13574	15227

Показатели, характеризующие численность работников и фонд оплаты труда, показывают, что среднесписочная численность предприятия в 2017 г. сократилась на одного человека по сравнению с 2016 г. Фонд оплаты труда увеличился на 1265,0 тыс. руб. (110,6 %) в 2017 г. по сравнению с 2016 г. Размер средней заработной платы увеличился на 1653 руб. (112,2 %). Следует отметить, что на УМП «Приморский водопровод» отсутствует система мотивации труда, что в свою очередь способствует росту текучки кадров, а также снижению производительности труда.

Успешная деятельность УМП «Приморский водопровод» во многом определяется хорошо скоординированной работой сотрудников предприятия их знаниями, самоотверженностью, профессиональными навыками и накопленным опытом работы.

Материальное стимулирование является основным способом мотивации сотрудника к повышению его результативности труда, росту ежемесячного дохода. С целью реализации мероприятия по разработки программы материального стимулирования сотрудников, УМП «Приморский водопровод» рекомендуется из чистой прибыли сформировать фонд для стимулирования труда работников, тем самым осуществлять выплату премий и пособий.

В 2017 г. прибыль УМП «Приморский водопровод» составила 1678,2 тыс. руб. Премии и надбавки будут выплачиваться по индивидуальным результатам работы, в зависимости от объемов выполненных работ. Для сотрудников рекомендуется установить ежемесячный объем работ.

Таким образом, при реализации данного мероприятия сотрудники УМП «Приморский водопровод» будут заинтересованы в увеличении собственного ежемесячного дохода, а само предприятие в повышении производительности труда сотрудников. Данное мероприятие позволит также реализовать направления предприятия по командообразованию, так как эффективность работы одного сотрудника будет зависеть от качества выполненных работ другим сотрудником.

Деятельность УМП «Приморский водопровод» контролирует региональная служба по тарифам Ростовской области, фонд оплаты труда устанавливается службой по тарифам в зависимости от тарифной ставки рабочего первого разряда, установленного отраслевым тарифным соглашением по Ростовской области в сфере ЖКХ.

Для решения основных задач в области развития персонала руководство УМП «Приморский водопровод» должно предусмотреть в своей кадровой политике направления по формированию внутреннего кадрового резерва, переподготовки и повышения квалификации сотрудников за счет привлечения внешних специалистов являющихся представителями производителей машин и оборудования сферы ЖКХ.

В заключение следует отметить, что проблема кадрового обеспечения сферы жилищно-коммунального хозяйства актуальна и требует всестороннего изучения, так как основными препятствиями к повышению качества оказываемых услуг УМП «Приморский водопровод» является наличие устаревшего оборудования, низкий размер оплаты труда, отсутствие направлений по повышению мотивации и результативности труда.

Литература

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018).
2. Первичная документация по учёту кадров и заработной плате УМП «Приморский водопровод»: РМ – «Сведения о движении работников, рабочих мест»; 1-топ «Сведения о среднесписочной численности, заработной плате и выплатах социального характера работников за год»; Т – ТОП – «Распределение среднесписочной численности и фонда оплаты труда работников по территориально обособленным подразделениям»; 1-предприятие «Основные сведения о деятельности организации»; № 1 кадры «Сведения о повышении квалификации и профессиональной подготовке работников организации».

УДК 332.02

АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ В ГОРОДЕ АЗОВЕ НА ПРИМЕРЕ ООО «УК-ПРЕСТИЖ»

Гогитидзе Мери Вахтангиевна, Куприянчик Илья Олегович

Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове,
Азов, Россия

Аннотация

В статье представлены результаты анализа эффективности управления жилищно-коммунальным хозяйством в городе Азове на примере ООО «УК-Престиж», предложены направления совершенствования системы управления жилищно-коммунальным хозяйством, а также разработано мероприятие по корректировке тарифов на услуги, предоставляемые управляющими компаниями.

Ключевые слова: *жилищно-коммунальное хозяйство, управляющие компании, финансовый менеджмент, управление ресурсами, ресурсосбережение.*

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF MANAGEMENT OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES IN THE CITY OF AZOV ON THE EXAMPLE OF ООО «UK-PRESTIGE»

Gogitidze Mary Vakhtangievna, Kupriyanchik Ilya Olegovich

Technological Institute (branch) DGTU in Azov,
Azov, Russia

Abstract

The article presents the results of the analysis of the efficiency of management of housing and communal services in the city of Azov by the example of ООО «UK-Prestige», suggests ways to improve the management of housing and communal services, and developed an action to adjust tariffs for services provided by management companies.

Keywords: *housing and communal services, management companies, financial management, resource management, resource-saving.*

Введение

ООО «УК-Престиж Дон», по анализу вероятности банкротства, в настоящее время столкнулось с реальной угрозой банкротства. В целом, причин банкротства, управляющих организации довольно много, преобладающей причиной является рост конкуренции в сегменте, а также низкая платежеспособность потребителей услуг. Предшествующие 5-7 лет характеризовались низкой конкуренцией в сегменте жилищно-коммунального хозяйства, однако за последнее время на рынок вступили ряд управляющих компаний.

Основными направлениями по снижению дебиторской задолженности предприятий сферы жилищно-коммунального хозяйства являются:

1. контроль за поступлением платежей от физических и юридических лиц;
2. уступка права требования долга третьим лицам;
3. судебные разбирательства и т.д.

Реализуемая в городе Азове система финансирования управляющих компаний должна быть модернизирована с целью формирования рациональных условий привлечения и возврата среднесрочных, а также долгосрочных кредитов, направленных на формирование и модернизацию имущества упомянутых компаний.

Вывод управляющих компаний жилищно-коммунального хозяйства на безубыточный уровень предполагает участие аудиторов и антикризисных менеджеров в управлении предприятиями. Их участие позволит:

1. создать эффективную структуру в ЖКХ за счет объединения участников сектора, что позволит им применять упрощенную систему налогообложения;
2. осуществлять систематический контроль за нецелесообразным расходованием ресурсов;
3. усовершенствовать действующую тарифную систему, за счет оценки соответствия утверждаемых городских тарифов и платежеспособности населения;
4. осуществить промышленное перевооружение сферы жилищно-коммунального хозяйства за счет привлечения денег потребителей услуг, а также за счет участия компаний в целевых программах капитально-ремонтных работ, реконструкции и новейшего строительства предметов ЖКХ;
5. уменьшить налоговое бремя, за счет целевого использования налоговых поступлений на финансирование проектов по технологическому перевооружению сферы ЖКХ. Данные меры позволят перевооружить имущество компании за счет применения ресурсосберегающих технологий, а следовательно улучшить финансовое положение управляющих компаний.

Также к финансовым трудностям организации ведет управленческая несостоятельность, которая отражается на качестве ведения дел, распоряжении имуществом и финансами.

В организациях жилищно-коммунального хозяйства себестоимость, рассчитывается отдельно по каждому виду оказываемых услуг. Все косвенные расходы распределяются по видам оказываемых услуг в соответствии с закрепленным в учетной политике порядком: пропорционально прямым расходам и выручке. Общие запланированные затраты, по факту, являются основополагающими для закрепления тарифов. Кроме того, в связи с высокой изношенностью коммунального фонда, организации ЖКХ вынуждены производить многочисленные текущие и капитальные ремонты как планового, так и аварийного характера, однако затраты на данные ремонтные работы зачастую не предусмотренные программами перспективного развития управляющих компаний при установлении тарифов на услуги в каждом конкретном городе. Следует также подчеркнуть, что проводимые ремонтные работы часто приводят к созданию неотъемлемых улучшений, которые, организации не смогут учитывать в составе личного имущества, но в то же время и администрация муниципального образования не всегда может их оплатить в связи с ограниченностью средств местного бюджета. В итоге, у организаций и предприятий жилищно-коммунального хозяйства, что приводит к увеличению размеров непредвиденных затрат, а как следствие росту убытков, в связи с невозможностью списания их на статью расходы. Данная ситуация возникает из-за «не заложенных» в тарифах и бюджете затрат на проведение внеплановых ремонтных работ. В связи, с чем управляющие компании вынуждены привлекать дополнительное финансирование за счет внешних кредитов, а также росту кредиторской задолженности перед подрядными организациями.

Бесспорно, внедрение в практику управляющих компаний аспектов финансового менеджмента позволит осуществить рациональное управление финансами организации, а также освоить навык финансового планирования для достижения стратегических и тактических целей компаний. Также целесообразно строить взаимоотношения с потребителями услуг жилищно-коммунального хозяйства, не только на основе их заинтересованности в определенном качестве и количестве, но и ответственности за разумное использование потребляемых ресурсов.

ООО «УК-Престиж Дон», вступает в договорные отношения с жильцами домов, которые находятся на их обслуживании, и ресурсо-снабжающими организациями (РСО), таким образом, организация служит своеобразным связующим звеном между ними. Из-за того, что управляющая компания является посредником между РСО и населением, она

оказывается в экономически нестабильной ситуации по причине большой ответственности, возложенной на нее. В связи с данным положением компании она обязана предоставлять коммунальные услуги населению высокого качества, оплата РСО должна осуществляться в полном объеме и с учетом установленного временного периода к перечислению, вне зависимости от поступления денежных средств за оказываемые услуги от населения.

При внедрении ресурсосберегающих технологий управляющим компаниям следует осуществлять:

1. учет прямых и косвенных затрат, которые могут быть сокращены в результате проводимых мероприятий полностью или частично;
2. учет абсолютного сокращения бюджетных средств, направляемых на проведение энергосберегающих мероприятий;
3. сопоставление экономии с затратами ресурсов, поступивших из различных источников, включая кредитные ресурсы, требующие возврата.

Самым эффективным методом, повышения эффективности финансово-хозяйственной деятельности ООО «УК-Престиж Дон», является повышение тарифа на оказание жилищно-коммунальных услуг, так как действующего городского тарифа не хватает для покрытия расходов.

Для экономически обоснованного повышения тарифа составим сметы по каждому виду оказываемых услуг.

По состоянию на 2017 г., городской тариф по статье «Уборка лестничных клеток» составляет 1 рубль 29 коп., на 1 квадратный метр убираемой площади.

Убираемая площадь лестничных клеток ООО «УК-Престиж Дон» составляет 20603,5 кв.м.

Смета доходов и расходов по уборке лестничных клеток представлена в таблице 1.

Таблица 1 - Смета доходов и расходов по уборке лестничных клеток

Статьи	2017 г., тыс. руб.
Доходы:	
20603,5 кв.м. x 1,29 руб. x 12 месяцев	318,9
Расходы:	
Фонд заработной платы	195,9
Отчисления 20,2%	39,6
Дезинфицирующая обработка	19
Всего расходов:	254,4
Результат	64,4
Экономически обоснованный тариф, руб.	0,8

Из сметы видно, что действующего тарифа, по уборке лестничных клеток, достаточно для нормального оказания услуг. Более того, значение действующего тарифа на 49 копеек, выше экономически обоснованного.

По статье «Уборка лестничных клеток», прибыль составляет 64,4 тыс. руб.

По состоянию на 31.12.2017 г., городской тариф по статье «Уборка мусоропровода» составляет 1 рубль 11 коп., на 1 квадратный метр убираемой площади.

Убираемая площадь мусоропроводов ООО «УК-Престиж Дон» составляет 14588,5 кв.м.

Смета доходов и расходов по уборке мусоропроводов представлена в таблице 2.

Значение экономически обоснованного тарифа составляет 9 копеек, за 1 кв.м., что на 29 коп. ниже городского тарифа.

По смете уборки мусоропроводов, наблюдается превышение доходов над расходами, в размере 27,12 тыс. руб., что говорит о достаточном городском тарифе по оказанию данной услуги.

Таблица 2 - Смета доходов и расходов по уборке мусоропроводов

Статьи	2017 г. тыс. руб.
Доходы:	
14588,5 кв.м. х 1,11 руб.х 12 месяцев	194,32
Расходы:	
Фонд заработной платы	92,9
Отчисления 20,2%	18,58
Дезинфицирующая обработка	19
Всего расходов:	130,48
Результат	27,12
Экономически обоснованный тариф, руб.	0,9

Таблица 3 - Смета доходов и расходов по содержанию жилищного фонда

Статьи	2017 г., тыс. руб.
Доходы:	
Содержание:	3702,75
43276,57 кв.м.*6,95руб. * 12 мес.	
Расходы:	
1.Содержание жилья:	2294,85
1.1. Оплата труда МОП	1789,4
1.2. Отчисления 20,2%	361,45
1.3. Дезинфицирующая обработка	19
1.4. Т.О.газ.оборудования	64
1.5. ВДПО	25
1.6. Талоны	36
2.Содержание конструкт.эл.здания:	4215,95
2.1. Содерж.конструкт.эл.зд.:	2081,7
2.1.1. Оплата труда	1185,3
2.1.2. Отчисления 20,2%	239,4
2.1.3. Материалы	232,0
2.1.4. Транспортные расходы	219,0
2.1.5. Охрана труда	26,0
2.1.6 Технич. освид. Лифтов	180,0
2.2. Содержание АДС:	1743,6
2.2.1 Оплата труда	1453,0
2.2.2. Отчисления 20,2%	290,66
2.3. Прочие (больн. за счет предприятия)	25
2.4. Содержание абонентского отдела	390,65
2.4.1. Оплата труда	325,0
2.4.2. Отчисления 20,2%	65,65
Итого расходов	6814,8
3.Оплата услуг МФЦ 3%	162,5
4. Оплата услуг банка 1%	47
5.Транспортный налог	25
Всего расходов	7049,3
Результат	-3346,55
Экономически обоснованный тариф, руб.	13,58

По состоянию на 2017 года, городской тариф по статье «Содержание жилищного фонда» составляет 6,95 рублей, на 1 кв.м. обслуживаемой площади.

Общая площадь жилищного фонда ООО «УК-Престиж Дон» равна 43276,57 кв.м.

Смета доходов и расходов по содержанию жилищного фонда представлена в таблице 3.

Таблица 4 - Смета при повышении тарифа на содержание жилищного фонда, в течение трех лет

Статьи	2017 г., тыс. руб.	2018 г., тыс. руб.	2019 г. тыс. руб.	2020 г. тыс. руб.
Доходы:				
Содержание:				
2017 г. = 43276,57 кв.м. x 6,95руб. x 12 месяцев. 2018 г. = 43276,57 кв.м. x (6,95руб.+2,21 руб.) x 12 месяцев. 2019 г. = 43276,57 кв.м. x (9,16руб.+2,21 руб.) x 12 месяцев. 2020 г. = 43276,57 кв.м. x (11,37руб.+2,21 руб.) x 12 месяцев.	3702,75	4756,96	5604,66	7052,35
Расходы:				
1.Содержание жилья:	2294,85	2294,85	2294,85	2294,85
1.1. Оплата труда МОП	1789,4	1789,4	1789,4	1789,4
1.2. Отчисления 20,2%	361,45	361,45	361,45	361,45
1.3. Дезобработка	19	19	19	19
1.4. Т.О.газ.оборудования	64	64	64	64
1.5. ВДПО	25	25	25	25
1.6. Талоны	36	36	36	36
2.Содержание конструкт.эл.здания:	4215,95	4215,95	4215,95	4215,95
2.1. Содерж.конструкт.эл.зд.:	2081,7	2081,7	2081,7	2081,7
2.1.1. Оплата труда	1185,3	1185,3	1185,3	1185,3
2.1.2. Отчисления 20,2%	239,4	239,4	239,4	239,4
2.1.3. Материалы	232,0	232,0	232,0	232,0
2.1.4. Транспортные расходы	219,0	219,0	219,0	219,0
2.1.5. Охрана труда	26,0	26,0	26,0	26,0
2.1.6 Технич. освид. Лифтов	180,0	180,0	180,0	180,0
2.2. Содержание АДС:	1743,6	1743,6	1743,6	1743,6
2.2.1 Оплата труда	1453,0	1453,0	1453,0	1453,0
2.2.2. Отчисления 20,2%	290,66	290,66	290,66	290,66
2.3. Прочие (больн. за счет предприятия)	25	25	25	25
2.4. Содержание абонентского отдела:	390,65	390,65	390,65	390,65
2.4.1. Оплата труда	325,0	325,0	325,0	325,0
2.4.2. Отчисления 20,2%	65,65	65,65	65,65	65,65
Итого расходов:	6814,8	6814,8	6814,8	6814,8
3.Оплата услуг МФЦ 3%	162,5	162,5	162,5	162,5
4. Оплата услуг банка 1%	47	47	47	47
5.Транспортный налог	25	25	25	25
Всего расходов	7049,3	7049,3	7049,3	7049,3
Результат	-3346,55	-2292,34	-1444,64	3,05

По смете, на содержание жилищного фонда, наблюдается превышение расходов над доходами, в размере 3346,55 тыс. руб., что говорит об установлении низкого городского тарифа на оказание данной услуги.

Значение экономически обоснованного тарифа, на содержание жилищного фонда, составляет 13,58 руб. за 1 кв.м., что на 6,63 руб. выше городского тарифа.

Для того чтобы организация могла нормально осуществлять деятельность по содержанию жилищного фонда, необходимо поднять действующий тариф на 95,4% или 6,63 руб.

Так как большая часть населения является противником резкого поднятия тарифа, будет рациональным его повышение, в течение трех лет, на 2,21 руб. в год.

Смета при повышении тарифа на содержание жилищного фонда, в течение трех лет, представлена в таблице 4.

За два первых года повышения тарифа, по статье «Содержание жилищного фонда», на 2,21 руб., и с условием, что расходы останутся на прежнем уровне, убыток организации снизится, а на третий год у ООО «УК-Престиж Дон» прибыль компании составит 3050 тыс. руб..

Городской тариф по статье «Текущий ремонт», по состоянию на 2017 г., составляет 1,26 руб., на 1 кв.м. обслуживаемой территории. Общая площадь жилищного фонда ООО «УК-Престиж Дон» составляет 43276,57 кв.м.

Смета доходов и расходов по текущему ремонту жилищного фонда представлена в таблице 5.

Таблица 5 - Смета доходов и расходов по текущему ремонту жилищного фонда

Статьи	2017 г., тыс. руб.
Доходы:	
43276,57 кв.м.х1,26 руб.х12 мес	654,35
Расходы:	
Оплата труда	580,0
Отчисления 20,2%	117,16
Материалы	1005
Транспортные расходы	150,0
Итого расходов	1852,16
Результат	-1197,81
Экономически обоснованный тариф, руб.	3,57

Превышение расходов над доходами, по статье «Текущий ремонт», составляет 1197,81 тыс. руб., это показывает то, что при городском тарифе, 1 руб. 26 коп. с квадратного метра, организация работает в убыток.

Для целесообразного и экономически эффективного осуществления работ, по данным Таблицы 5 стоимость услуги «Текущий ремонт» должна составлять 3 руб. 57 коп. с одного квадратного метра обслуживаемой территории, против 1 руб. 26 коп. городского тарифа.

Так как разница между городским и экономически обоснованными тарифами составляет 2 руб. 31 коп. или 183,33%, то будет рациональным его повышения, в течение трех лет, на 77 коп. в год.

Смета при повышении тарифа на текущий ремонт жилищного фонда, в течение трех лет, представлена в таблице 6.

Таблица 6 - Смета при повышении тарифа на текущий ремонт жилищного фонда, в течение трех лет

Статьи	2017 г., тыс. руб.	2018 г., тыс. руб.	2019 г., тыс. руб.	2020 г., тыс. руб.
Доходы:				
2017 г. = 43276,57 кв.м.х1,26 руб.х12 месяцев. 2018 г. = 43276,57 кв.м.х(1,26 руб.+ 0,77 руб.) х12 месяцев. 2019 г. = 43276,57 кв.м.х(2,03 руб.+ 0,77 руб.) х12 месяцев. 2020 г. = 43276,57 кв.м.х(2,8 руб.+ 0,77 руб.) х12 месяцев.	654,35	1054,22	1454,1	1853,96
Расходы:				
Оплата труда	580,0	580,0	580,0	580,0
Отчисления 20,2%	117,16	117,16	117,16	117,16
Материалы	1005	1005	1005	1005
Транспортные расходы	150,0	150,0	150,0	150,0
Итого расходов	1852,16	1852,16	1852,16	1852,16
Результат	-1197,81	-797,94	-398,06	1,8

При ежегодном повышении тарифа, по статье «Текущий ремонт», на 77 копеек, и с условием, что расходы останутся неизменными, убыток организации снизится за два первых года, а на третий год прибыль ООО «УК-Престиж Дон» составит 1080 руб.

Городской тариф по статье «Управление жилищным фондом», по состоянию на 2017 г., составляет 2 руб. 98 коп., на 1 квадратный метр обслуживаемой территории.

Общая площадь жилищного фонда ООО «УК-Престиж Дон» равна 43276,57 кв.м.

Смета доходов и расходов на управление жилищным фондом представлена в таблице 7.

Таблица 7 - Смета доходов и расходов на управление жилищным фондом

Статьи	2017г., тыс. руб.
Доходы	
43276,57 кв.м.х 2,98р.х 12м	1547,57
Расходы:	
1. Фонд оплаты труда	2941,1
2. Отчисления 20,2%	594,1
3.Содержание орг.техники	65,0
4.Содержание админ.здан.	390
5.Канц.и типогр.расх.	65
6. Связь	12,0
Итого расходов	4062,1
Результат(+/-)	-2514,53
Экономически обоснованный тариф, руб.	7,83

По смете, на управление жилищным фондом, наблюдается превышение расходов над доходами, в размере 2514,53 тыс. руб., что говорит об установлении низкого городского тарифа на указанные услуги.

Значение экономически обоснованного тарифа, по статье «Управление жилищным фондом», составляет 7 руб. 83 коп. на 1 кв.м. обслуживаемой территории, что на 4 рубля 85 коп. или 162,75%. выше городского тарифа.

Так как разница между городским и экономически обоснованным тарифами составляет 4 руб. 85 коп., то будет рациональным, повышение тарифа не единовременно, а пропорционально в течение трех лет, на 1 руб. 62 коп. в год.

Смета при повышении тарифа на управление жилищным фондом, в течение трех лет, представлена в таблице 8.

Таблица 8 - Смета при повышении тарифа на управление жилищным фондом, в течении трех лет

Статьи	2017г., тыс. руб.	2018 г., тыс. руб.	2019 г., тыс. руб.	2020 г., тыс. руб.
Доходы				
2017 г. = 43276,57 кв.м* 2,98руб.* 12месяцев 2018 г. = 43276,57 кв.м* (2,98руб. + 1,62 руб.)* 12месяцев 2019 г. = 43276,57 кв.м* (4,6руб. + 1,62 руб.)* 12месяцев 2020 г. = 43276,57 кв.м* (6,22руб. + 1,62 руб.)* 12месяцев	1547,57	2388,86	3230,16	4071,46
Расходы				
1. Фонд оплаты труда	2941,1	2941,1	2941,1	2941,1
2. Отчисления 20,2%	594,1	594,1	594,1	594,1
3.Содержание орг.техники	65,0	65,0	65,0	65,0
4.Содержание админ.здан.	390	390	390	390
5.Канц.и типогр.расх.	65	65	65	65
6. Связь	12,0	12,0	12,0	12,0
Итого расходов	4062,1	4062,1	4062,1	4062,1
Результат	-2514,53	-1673,24	-831,94	9,36

При ежегодном повышении тарифа, по статье «Управление жилищным фондом», на 1 руб. 62 коп., с условием, что расходы останутся неизменными, убыток организации сокращается за два первых года, на третий год прибыль ООО «УК-Престиж Дон» составит 9360 руб.

Общая сумма экономически обоснованного тарифа на услуги ЖКХ составит 27 руб. 38 коп., что на 101,38% выше городского тарифа.

В заключение следует отметить, что повышение тарифа по статьям: «Содержание жилищного фонда», «Текущий ремонт» и «Управление жилищным фондом», позволит ООО «УК-Престиж Дон» на третий год увеличить доход, снизить кредиторскую задолженность, а также получать прибыль от предоставления услуг.

Подводя итоги проведенного анализа эффективности управления жилищно-коммунальным хозяйством в городе Азове на примере ООО «УК-Престиж» следует отметить, что основными направлениями совершенствования деятельности управляющих компаний должны стать:

1. внедрение современных аспектов финансового менеджмента;
2. совершенствование системы управления и принятия решений на уровне местных органов власти;
3. реализация направлений по поэтапному повышению стоимости тарифов на оказываемые компаниями услуги.

Литература

1. <http://www.gorodazov.ru/jkh.html> - официальный сайт администрации города Азова.

УДК 67

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИУРЕТАНА В КАЧЕСТВЕ УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ВАГОННЫХ ТЕЛЕЖЕК

Таран Владимир Николаевич, Долженко Кристина Кястучио

Донской государственный технический университет,
Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове
Азов, Россия

Аннотация

До последнего времени все детали вагонных тележек СНГ выполнялись стальными, за исключением резиновых шумопоглощающих прокладок в пассажирских тележках. Известна практика использования полиуретанов при модернизации грузовых тележек Даймонда по технологии фирмы A.Staki. В статье показаны результаты построения математической модели применения полиуретана в качестве упругодемпфирующих элементов вагонных тележек.

Ключевые слова: полиуретан, прогибы, математическая модель износа, вагонные тележки.

CONSTRUCTION OF THE MATHEMATICAL MODEL OF POLYURETHANE APPLICATION AS ELASTIC DAMPING ELEMENTS OF WAGON TRUCKS

Taran Vladimir Nikolaevich, Dolzhenko Kristina Kyastuchio

Don State Technical University,
Technological Institute (branch) of DSTU in Azov
Azov, Russia

Abstract

Until recently, all parts of the CIS carriages were made of steel, with the exception of rubber sound-absorbing pads in passenger trolleys. Known practice of using polyurethanes in the modernization of Diamond trucks by the technology of A.Staki. The article shows the results of the construction of a mathematical model of the use of polyurethane as an elastic-damping elements for carriages.

Keywords polyurethane, deflections, mathematical model of wear, wagon carts.

Проведены лабораторные исследования механических свойств полиуретанов для выяснения возможностей их применения в качестве упругодемпфирующих элементов вагонных тележек. После предварительного отбора были подготовлены образцы из адипрена L-167, адипрена L-83, вибротана 6060.

Цели испытаний:

- получить силовые характеристики материалов при статическом сжатии на прессе, составить математические модели зависимостей «сила-прогиб» с учетом гистерезиса, определить модули упругости и коэффициенты необратимого поглощения энергии;
- оценить динамические характеристики материалов при колебаниях на присущих для железнодорожного подвижного состава несущих частотах, интенсивность нагрева образцов и уровни релаксации под динамическими нагрузками;
- выяснить степень влияния низких температур на динамические характеристики полиуретанов.

Установлено, что исследуемые полиуретаны имеют жесткие силовые характеристики, подобные показанной на рис. 1. Верхняя линия – расчетная характеристика сжатия, нижняя – отдачи. Точками показаны экспериментальные данные.

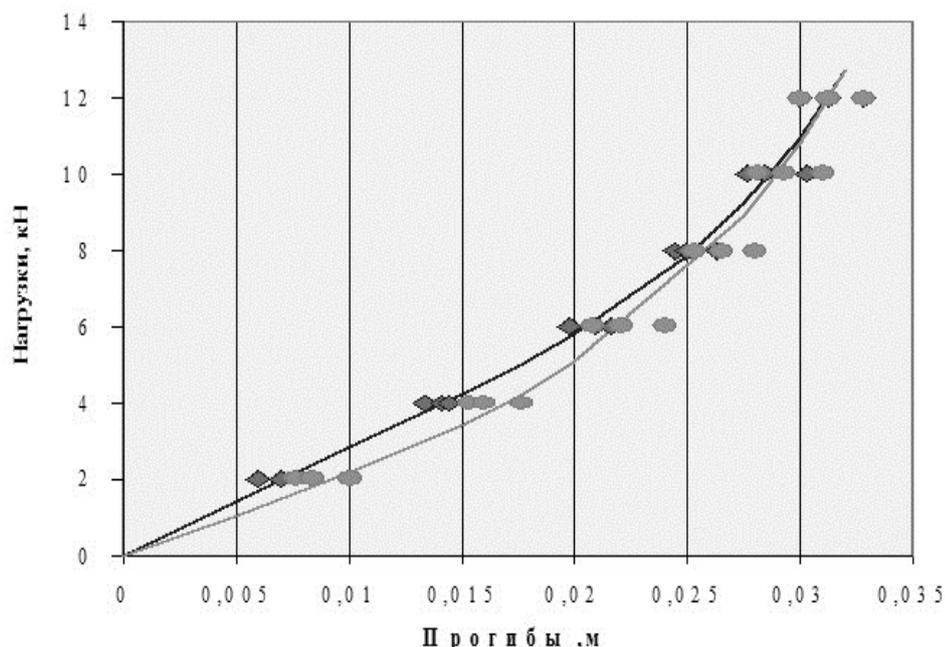


Рисунок 1 – Силовая характеристика адипрена L-83 при статическом нагружении

Математическая модель характеристики оптимально описывается формулой:

$$P = Cx + Dx^a + G \sin \frac{\pi x}{x_{\max}} \operatorname{sign} \dot{x}; \quad (1)$$

где P – нагрузка; x , x_{\max} – прогиб, наибольший прогиб; $\operatorname{sign} \dot{x}$ – знак скорости деформации; C – линейная составляющая жесткости; D – нелинейная составляющая жесткости; G – гистерезисная составляющая. Коэффициент необратимого поглощения энергии

$$\eta = \frac{4Gx_{\max}}{\pi \left(0,5Cx_{\max}^2 + \frac{D}{a+1} x_{\max}^{a+1} + 2G \frac{x_{\max}}{\pi} \right)} 100\%. \quad (2)$$

Формулы (1), (2) справедливы и для динамических процессов с частотами 1...2 Гц, но при этом коэффициенты C , D , G возрастают в 1,2...2 раза.

Пример силовой характеристики образца из адипрена L-167, полученной по компьютерной регистрации динамических нагрузок и перемещений образца с частотой 1,15 Гц показан на рис. 2.

Корреляционной зависимости между частотами колебаний и коэффициентами в формулах (1), (2) установить не удалось.

Анализ работы образцов при начальных охлаждениях показал, что в наших климатических условиях их работоспособность удовлетворительна. Так, после предварительного 6-часового охлаждения в термокамере при -40°C образцы на вибростенде не показывали качественных изменений динамических силовых характеристик.

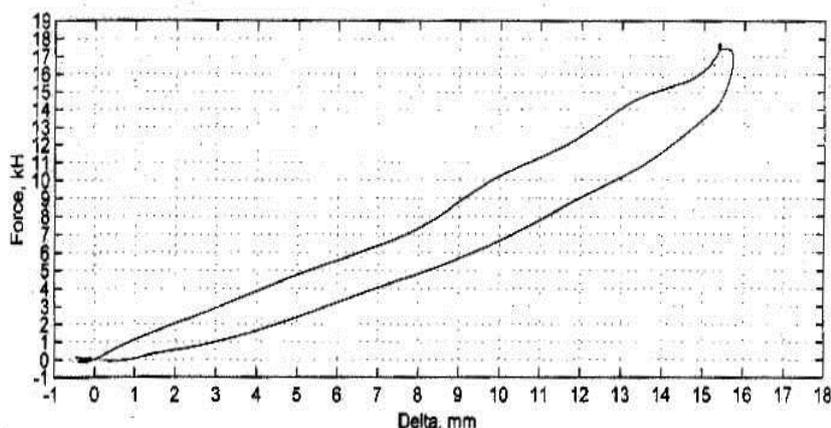


Рисунок 2 – Силовая характеристика адипрена L-167, снятая на динамическом стенде при колебаниях с частотой 1,15 Гц

Однако, в режиме непрерывных вибрационных нагружений наблюдался стабильный рост температуры образцов за счет потребления энергии. Так, при частоте 2,3 Гц через 300 с наружная температура цилиндрического образца диаметром 50 мм составила для адипрена L-167 — +47⁰С, адипрена L-83 — +33⁰С, вибротана 6060 — +30⁰С.

Обобщенные характеристики испытанных полиуретанов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели	Материалы		
	АДИПРЕН L-167	АДИПРЕН L-83	ВИБРОТАН 6060
Предел прочности при растяжении, МПа	40-45	35-39	22-27
Относительное удлинение, %	450-500	670-700	800-870
Твердость по Шору А, ед	90-95	78-82	22-25
<i>Модуль упругости в статике, МПа</i>	32,3-32,5	10,2-12,1	5,1-6,15
Модуль упругости в динамике (включая охлаждение), МПа	10,2-12,1	11-24	4-12
<i>Коэффициент безвозвратного поглощения энергии в динамике (включая охлаждение)</i>	25-40%	30-35%	20-50%

Как видно из таблицы, упругие характеристики, помещенные в нижней части таблицы, не имеют пропорциональных зависимостей от стандартных механических свойств полиуретанов (см. первые три строки таблицы).

Таким образом, исследованные полиуретаны могут применяться в ходовых частях вагонов как амортизационные элементы. Однако, в условиях длительных динамических нагружений следует решать вопросы теплоотвода, чтобы установившиеся температуры указанных элементов не превышали +50⁰С.

Первые разработки применения адипренов в ходовых частях относятся к деталям, динамические процессы в которых проходят эпизодически с интервалами, достаточными для охлаждения упругих элементов. К ним относятся упругие скользящие тележки с условным обозначением «ТАУС-001», которые после лабораторных исследований допущены Укрзалізницею к опытному внедрению на пяти полувагонах для проведения ходовых динамических и эксплуатационных испытаний. Завершаются также разработки оригинального рессорного комплекта двухосной тележки с полиуретановыми вставками «ДИИТ-ТАУС».

Литература

1. Таран В.Н., Долженко А.М. Идентификация параметров движения железнодорожного вагона на сортировочных горках // Транспорт-2015 труды международной научно-практической конференции. Ростовский государственный университет путей сообщения. 2015. С. 123-125.
2. Долженко А.М., Бресский В.И. Проблемы оптимизации управления роспуском железнодорожных вагонов // Научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, сотрудников и студентов АТИ ДГТУ по итогам работы за 2012-2013 гг Донской государственной технической университет, Азовский технологический институт. 2013. С. 40-42.
3. Долженко А.М. Разработка модели идентификации движения отцепа на сортировочной горке // Юбилейная конференция студентов и молодых ученых, посвященная 85-летию ДГТУ Сборник докладов научно-технической конференции: научное электронное издания. Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВПО «Донской государственной технической университет». 2015. С. 4989-4992.
4. Таран В.Н., Долженко А.М. Концепт нового материала для изготовления гальванических ванн / Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике. 2017. Т. 11. № 4-6 (6). С. 48-52.
5. Долженко А.М., Пушкаренко Н.В., Рязанцева В.С. Холодная пластическая деформация высококомедистых чугунов / Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике. 2018. Т. 16. № 1-4 (7). С. 32-35.

УДК 62

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АНОЛОГА МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ПОЛЗУНА КРИВОШИПНО-ПОЛЗУННОГО МЕХАНИЗМА

Долженко Артем Михайлович, Бойко Елена Юрьевна
Донской государственный технический университет,
Технологический институт (филиал) ДГТУ в г. Азове
Азов, Россия

Аннотация

Популярность применения кривошипно-ползунных механизмов в технике обуславливает необходимость применения методов, повышающих их эффективность. В работе получена эмпирическая зависимость максимального аналога скорости кривошипно-ползунного механизма, минимизирующая погрешность его определения.

Ключевые слова: *кривошипно-ползунной механизм, аналог максимальной скорости, погрешность.*

MATHEMATICAL MODEL OF THE ANOLOGY OF THE MAXIMUM SPEED OF THE CRIME OF THE CRIMPLE-CREW MECHANISM

Dolzhenko Artem Mikhailovich, Boyko Elena Yuryevna
Don State Technical University,
Technological Institute (branch) of DSTU in Azov
Azov, Russia

Abstract

The popularity of the use of crank-slider mechanisms in the technique necessitates the use of methods that increase their effectiveness. An empirical dependence of the maximum analogue of the speed of a crank-slider mechanism was obtained, minimizing the error of its determination.

Keywords: *crank-slider mechanism, analogue of maximum speed, fault.*

В общем случае геометрического синтеза и динамического исследования машин, выполненных на основе кривошипно–шатунного механизма (рис. 1), а также при исследовании кулачков по методу Гартмана, необходимо учитывать ограничения, связанные с максимальной скоростью движения ползуна.

В связи с широким использованием подобных механизмов в технике и значительным объемом расчетно – конструкторских работ по этим машинам, большое значение приобретает задача упрощения расчета, повышения его надежности, достижения наперед заданной точности.

Аналог максимальной скорости $C_{v\max}$ является без размерным инвариантом подобия.

$$C_{v\max} = \frac{V_{B\max}}{\omega_1 l_1} \quad (1)$$

где $V_{B\max}$ – максимальная скорость ползуна;

ω_1 – угловая скорость вращения кривошипа

l_1 – длина кривошипа

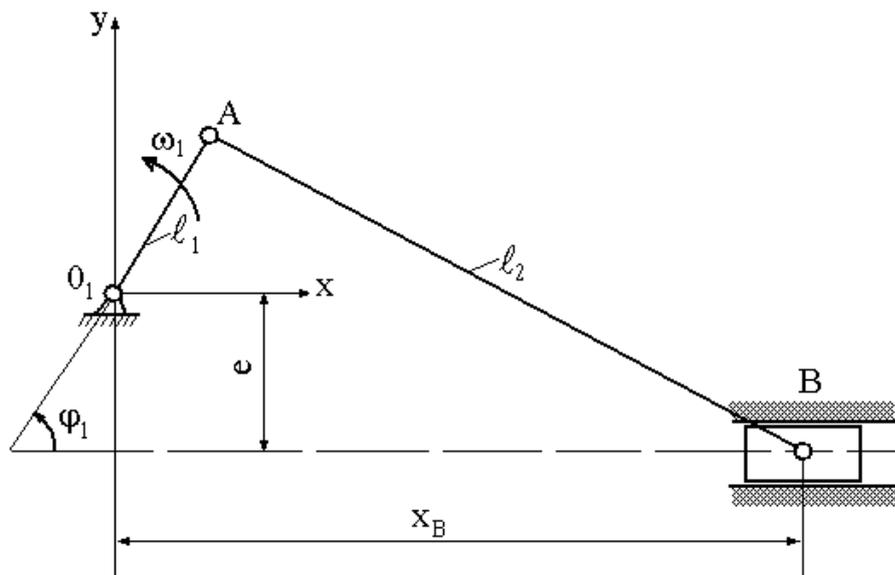


Рис. 1.

Решение зависит не от конкретных размеров механизма l_1, l_2 и e , где l_2 – длина шатуна, e эксцентриситет, а от безразмерных отношений

$$\lambda = \frac{l_2}{l_1} \quad \text{и} \quad \gamma = \frac{e}{l_1} \quad (2)$$

Угол между шатуном направлением движения

$$\varphi_2 = \arcsin\left(\frac{\sin \varphi_1 + \gamma}{\lambda}\right) \quad (3)$$

и скорость ползуна

$$v_B = \omega_1 l_1 (-\sin \varphi_1 + \operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \cos \varphi_1) \quad (4)$$

являются функциями обобщенной координаты φ_1 , а также λ и γ .

Исследуя на экстремум функцию (4) с условиями (3), можно показать, что угол $\varphi_1 = \varphi_{2\max}$, при котором $v_1 = v_{B\max}$ удовлетворяет условию

$$\lambda \cos(\varphi_1 - \varphi_2) + \frac{\cos^2 \varphi_1}{\cos^2 \varphi_2} = 0 \quad (5)$$

Точное решение уравнения (5) в частном случае механизма $\gamma = 0$, наиболее важно для практики.

Однако полученное решение громоздким и даже не приводится в справочниках.

Кроме того, обычно требуемую высокую точность результата, где относительная погрешность определения $C_{v\max}$ должна быть не более 0,1%, трудно проконтролировать из-за большого числа вычислений.

В настоящее время наиболее распространены следующие два метода расчета, общим положением которых является то что вопрос о точности полученных результатов теоретически не рассматривается.

1. Определение угловой обобщенной координаты кривошипа по формуле (4)

$$\varphi_{1\max} = \arccos\left(\frac{\sqrt{\lambda^2 + 8} - \lambda}{4}\right) \quad (6)$$

получающейся из уравнения (5) путем разложения в ряд по биному Ньютона с учетом первых 2 членов. Далее $C_{v\max}$ можно определить по формулам (3), (4).

2. Учитывая, что, максимум скорость приходится на такое положение механизма, когда кривошип и шатун приблизительно взаимно перпендикулярны, расчет приводят по формуле

$$\varphi_{1\max} = \arctg \lambda \quad (7)$$

Подставляя (7) в (3), (4) получим

$$C_{v\max} = 1 + \frac{0,5}{\lambda^2} \quad (8)$$

В работе получена эмпирическая зависимость максимального аналога скорости кривошипно-ползунного механизма, гарантирующая погрешность его определения менее 0,1%.

Литература

1. Уманская О.Л. Определение динамических усилий в деталях приводного механизма вибрационной сепарирующей машины с дезаксиальным кривошипно-шатунным механизмом / Успехи современного естествознания. 2007. № 5. С. 82.
2. Грабовский А.А. Кинематика кривошипно-шатунного механизма с двумя коленчатыми валами/ Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2009. № 2 (8). С. 56-63.
3. Оболенская А.А., Рыбалко К.К. Исследование свойств механически легированных сталей / Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике. 2017. Т. 7. № 4-1 (6). С. 16-19.
4. Рыбалко К.К. Моделирование трансверсально-армированных волокнистых композиционных материалов / Инновационные технологии в машиностроении, образовании и экономике. 2017. Т. 7. № 4-1 (6). С. 24-26.