



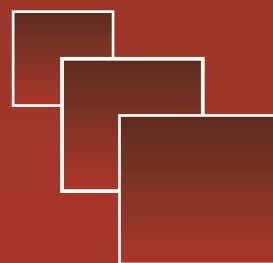
Вестник

Уральского
государственного
университета
путей сообщения

Научный журнал

Herald
of the Ural State University
of Railway Transport

Scientific journal



Научный журнал
«Вестник Уральского государственного
университета путей сообщения»
№ 4 (20), 2013 год

**Главный редактор,
научный редактор**
Василий Михайлович Сай

Литературный и выпускающий редактор
Людмила Станиславовна Барышникова

Техническое редактирование и верстка
Андрей Викторович Трубин

Дизайн обложки
Ольга Петровна Игнатьева

Учредитель и издатель:
Уральский государственный
университет путей сообщения
(УрГУПС)

Адрес для корреспонденции:
620034, Екатеринбург,
ул. Колмогорова, 66, УрГУПС,
редакция журнала
«Вестник УрГУПС»

Телефон редакции: (342) 221-25-60.
Веб-сайт: www.vestnik.usurt.ru;
e-mail: vestnik@usurt.ru.

Журнал издается по решению
ученого совета университета
©УрГУПС

Свидетельство о регистрации
средства массовой информации
Роскомнадзора ПИ № ФС77–38188
от 30 ноября 2009 г.

Подписной индекс журнала
в общероссийском
каталоге «Роспечать» — 70070

Отпечатано в издательстве
Уральского государственного
университета путей сообщения,
620034, Екатеринбург,
ул. Колмогорова, 66.

Подписано в печать 24.01.2014.

Тираж 300. 1-й з-д.: 1–100.
Формат 70×100/16.
Заказ 1

Scientific journal «Herald of the
Ural State University
of Railway Transport»
№ 4 (20), 2013

**Editor-in-chief,
Science editor**
Vasily M. Say

Script and copy editor
Lyudmila S. Baryshnikova

Technical editing and make-up
Andrey V. Trubin

Cover design
Olga P. Ignatjeva

Founder and publisher:
The Ural State University
of Railway Transport
(USURT)

Correspondence address:
«Herald of USURT» editorial office
The Ural State University of
Railway Transport»
66 Kolmogorov Street,
620034, Ekaterinburg,

Telephone: +7 (342) 221-25-60.
Web-site: www.vestnik.usurt.ru;
e-mail: vestnik@usurt.ru.

The journal is published by the decision of
University Academic Board
©USURT

Certificate of registration of mass media
by the Federal Service for Supervision
in the sphere of communications,
information technology and mass communications
(Roskomnadzor) PI № FS77–38188
of November 30, 2009.

Subscription reference number of the issue
in the All Russia Catalogue «Rospechat» — 70070

Printed in the Publishing house
of the Ural State University of
Railway Transport
66 Kolmogorov Street,
620034, Ekaterinburg.

Passed for printing 24.01.2014.

Circulation 300. 1-й з-д.: 1–100.
Format 70×100/16.
Order 1

Международный редакционный совет

Кейт Бурнхам, профессор, Университет г. Ковентри, факультет машиностроения и вычислительной техники, Великобритания

Владимир Анциферов, д-р техн. наук, профессор академик РАН, Пермь, Россия

Петер Копачек, профессор, Венский технологический университет, Венский институт транспорта и робототехники, интеллектуальный транспорт и робототехника, Вена, Австрия

Владимир Цыганов, д-р техн. наук, профессор, Институт проблем управления Российской академии наук, Москва, Россия

Марек Ситаж, профессор, Силезский технический университет, транспортный факультет, кафедра «Железнодорожный транспорт», Польша

Клаус Беккер, профессор, Университет прикладных наук г. Кельна, Институт автомобильной техники, лаборатория NVH, Германия

Василий Сай, д-р техн. наук, профессор, Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Россия

Редколлегия

Вовк Алексей Александрович, д-р экон. наук, профессор, МГУПС, Москва

Воскресенская Тамара Петровна, д-р техн. наук, профессор, СибГИУ, Новокузнецк

Воробьев Александр Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, МГУПС, Москва

Ефимов Александр Васильевич, канд. техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

Корнилов Сергей Николаевич, д-р техн. наук, профессор, МГТУ, Магнитогорск

Нестеров Валерий Леонидович, д-р техн. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

Сапожников Валерий Владимирович, д-р техн. наук, профессор, С.-ПГУПС, Санкт-Петербург

Черемисин Василий Титович, д-р техн. наук, профессор, ОмГУПС, Омск

Щурин Константин Владимирович, д-р техн. наук, профессор, ОГУ, Оренбург

Тимофеева Галина Адольфовна, д-р физ.-мат. наук, профессор, УрГУПС, Екатеринбург

International editorial board

Keith Burnham, professor, Coventry University, Faculty of Engineering and Computing, Great Britain

Vladimir Antsiferov, DSc, professor, academician of Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

Peter Kopachek, professor, Vienna University of Technology, Vienna Institute of Transportation and Robotics, Intelligent Transportation and Robotics, Vienna, Austria

Vladimir Tsyganov, DSc, professor, Russian Academy of Sciences, Institute of Control Sciences, Moscow, Russia

Marek Sitarz, professor, Silesian University of Technology, Faculty of Transport, Railway Engineering Department, Poland

Klaus Becker, professor, Cologne University of Applied Sciences, Institute of Automotive Engineering, NVH Laboratory, Germany

Vasily Say, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia

Editorial board

Vovk Alexei Aleksandrovich, DSc, professor, Moscow State University of Railway Transport, Moscow

Voskresenskaya Tamara Petrovna, DSc, professor, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk

Vorobjev Alexander Alexeevich, DSc, professor, Moscow State University of Railway Transport, Moscow

Efimov Alexander Vasilievich, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

Kornilov Sergey Nikolaevich, DSc, professor, Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk

Nesterov Valery Leonidovich, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

Sapozhnikov Valery Vladimirovich, DSc, professor, Saint-Petersburg State University of Railway Transport, Saint-Petersburg

Cheremisin Vasily Titovich, DSc, professor, Omsk State University of Railway Transport, Omsk

Shchurin Konstantin Vladimirovich, DSc, professor, Orenburg State University, Orenburg

Timofeeva Galina Adolfova, DSc, professor, The Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg

Содержание

Математические модели технологических процессов

- 4 А. Л. Казаков, П. А. Кузнецов. Об одной краевой задаче для нелинейного уравнения теплопроводности в случае цилиндрической и сферической симметрии
- 11 С. Л. Дерябин, А. В. Мезенцев. Математическое моделирование восходящих закрученных потоков, примыкающих к вакууму, в вырожденном случае

Управление в технических системах

- 18 С. А. Румянцев, К. Ю. Астанков, В. А. Ермаков. Разработка методики проведения испытания вибропогружения свай с использованием бигармонических колебаний

Организация и логистика

- 26 И. В. Воскресенский, Т. П. Воскресенская. Россия и всемирная сухопутная транспортная сеть

Организация образовательного процесса

- 32 В. А. Антропов. Проблемы развития российского профессионального образования
- 41 В. Л. Нестеров. Формирование показателей качества подготовки специалистов в вузе
- 49 А. В. Григорьева, Ю. А. Москвина. Мотивация студентов при изучении иностранного языка

Строительные конструкции

- 58 А. Х. Ягофаров, Х. Ягофаров, А. Б. Разумов. Преобразование системы двухконсольных балок в многопролетную неразрезную балку переменной жесткости

Аспирантская тетрадь

- 74 А. О. Клементьев, М. Н. Смердов. Оценка несущей способности железобетонных пролетных строений армированных композитной арматурой
- 81 А. А. Гусев. Саморазвивающаяся организация как инфраструктура адаптивного управления предприятием

Contents

Mathematic models of technological processes

- 4 A. L. Kazakov, P. A. Kuznetsov. Regarding a boundary value problem for nonlinear heat transfer equation for cylindrical and spherical symmetry cases
- 11 S. L. Deryabin, A. V. Mezentsev. Mathematical modeling of swirling upward flows adjacent to a vacuum, in the degenerate case

Control in engineering systems

- 18 S. A. Rumyantsev, K. Yu Astankov, V. A. Ermakov. Development of method for testing vibration pile driving using biharmonic vibrations

Organization and logistics

- 26 I. V. Voskresenskiy, T. P. Voskresenskaya. Russia and the world land transport network

Study process organization

- 32 V. A. Antropov. Problems of development of Russian vocational education
- 41 V. L. Nesterov. Development of specialist training quality indicators of university
- 49 A. V. Grigorieva, B. A. Moskvin. Students' motivation for language learning

Building structures

- 58 A. Kh. Yagofarov, Kh. Yagofarov, A. B. Razumov. Conversion of double-cantilever beam system into multispan continuous beam of variable stiffness

Research of young scientists

- 74 A. O. Klementev, M. N. Smerdov. Evaluation of load carrying capacity of composite fiber reinforced concrete spans
- 81 A. A. Gusev. Self-sustaining organization as adaptive enterprise management infrastructure

Математические модели технологических процессов

УДК 517.95:533.6

А. Л. Казаков, П. А. Кузнецов

Об одной краевой задаче для нелинейного уравнения теплопроводности в случае цилиндрической и сферической симметрии

UDC 517.95:533.6

A. L. Kazakov, P. A. Kuznetsov

Regarding a boundary value problem for nonlinear heat transfer equation for cylindrical and spherical symmetry cases

Аннотация

Статья посвящена построению точных решений дифференциального уравнения с частными производными — нелинейного уравнения теплопроводности (фильтрации), которое имеет ряд содержательных приложений в физике и механике сплошных сред, а также в химии, экологии, биологии. Рассмотрена краевая задача специального вида с вырождением в случае цилиндрической и сферической симметрий, для которой доказана теорема существования и единственности решения в классе аналитических функций; тем самым обобщены результаты, полученные ранее научной школой А. Ф. Сидорова. Поскольку решения построены в явном виде и представлены сходящимися степенными рядами, результаты исследования могут быть использованы для численного моделирования в соответствующих прикладных задачах.

Ключевые слова: уравнения с частными производными, начально-краевая задача, теорема существования и единственности, степенной ряд, сходимости, механика сплошной среды, теплопроводность, фильтрация.

Summary

The article addresses elaboration of exact solutions of differential equations with partial derivatives — nonlinear heat transfer equation (filtering), which has a number of substantial applications in continuum physics and mechanics, as well as in chemistry, ecology, biology. A boundary value problem of a special type with extinction in the case of cylindrical and spherical symmetry is being considered, for which the theorem of existence and uniqueness of solution in the class of analytic functions is proved, thus summarizing the results obtained previously by the scientific school of A. F. Sidorov. Since the solutions are developed explicitly and presented as convergent power series, the results can be used for numerical simulation in relevant applied problems.

Keywords: partial derivative equations, boundary value problem, existence and uniqueness theorem, power series, convergence, continuum mechanics, thermal conductivity, filtering.

Александр Леонидович Казаков, д-р физ.-мат., г. н. с.; Институт динамики систем и теории управления СО РАН; Иркутск, Россия. E-mail: kazakov@icc.ru.

Павел Александрович Кузнецов, аспирант; кафедра математического анализа и дифференциальных уравнений Института математики, экономики и информатики Иркутского государственного университета; Иркутск, Россия. E-mail: pav_ku@mail.ru.

Alexander Leonidovich Kazakov, DSc in Physics and Mathematics; Senior researcher, Institute of System Dynamics and Control Theory SB RAS, Irkutsk, Russia. E-mail: kazakov@icc.ru.

Pavel Alexandrovich Kuznetsov, graduate student, Department of Mathematical Analysis and Differential Equations, Institute of Mathematics, Economics and Informatics, Irkutsk State University, Irkutsk, Russia. E-mail: pav_ku@mail.ru.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке РФФИ, проекты 11-07-00245, 12-07-33045.

Введение

Статья посвящена построению решений нелинейного уравнения теплопроводности, описывающих движение тепловой волны по холодному фону с конечной скоростью. Эти же решения могут быть использованы для моделирования движения политропного газа в пористом грунте.

Впервые тепловые волны, имеющие конечную скорость движения, были описаны в работах Я. Б. Зельдовича [1] и Г. И. Баренблатта [2] с соавт. Классы автомодельных решений, обладающих указанным свойством, были получены в научной школе А. А. Самарского [3]. А. Ф. Сидоров для построения тепловых волн предложил использовать метод характеристических рядов. Им [4] и его учениками (см., напр., [5–7]), в частности, доказаны существование и единственность кусочно-аналитического решения краевой задачи, в которой тепловая волна порождается заданным краевым режимом («задача А. Д. Сахарова об иницировании тепловой волны»), в плоскосимметричном и «квазиплоскосимметричном» (когда краевой режим задан на поверхности, уравнение которой может быть разрешено относительно одной из пространственных переменных). С точки зрения приложений, значительный интерес представляет случай, когда краевые условия заданы на замкнутой поверхности. Однако даже для задачи А. Д. Сахарова с данными на сфере или цилиндре упомянутые выше теоремы неприменимы. Единственным исключением является одна из статей А. Ф. Сидорова [4, с. 286], в которой упомянуто о возможности построения решения задачи с данными на круговом цилиндре, но конкретные выкладки не проводятся, сходимость рядов не доказывается.

В настоящей статье рассмотрена задача А. Д. Сахарова с данными на цилиндре (сфере) в случае цилиндрической (сферической) симметрии.

Доказана теорема существования и единственности решения в классе аналитических функций.

Нелинейное уравнение теплопроводности при степенной зависимости коэффициента теплопроводности от температуры имеет вид

$$T_t = \alpha \operatorname{div}(T^\sigma \nabla T). \quad (0.1)$$

Функция $T(t, x, y, z)$ — температура; t — время, (x, y, z) — вектор пространственных переменных; div и ∇ — операторы дивергенции и градиента по пространственным переменным; α и σ — положительные константы. Также (0.1) описывает нестационарную фильтрацию газа в пористом грунте, тогда функция T — это плотность газа, а параметр σ — показатель политропы (адиабаты) этого газа.

Уравнение (0.1) имеет параболический тип, однако при равенстве нулю искомой функции происходит вырождение типа, поскольку обращается в нуль множитель перед старшими производными. Такая ситуация наиболее сложна и интересна, ибо в окрестности линии вырождения возможно возникновение тепловой волны, имеющей конечную скорость движения.

1. Постановка задачи

После стандартных преобразований, которые здесь не приводятся, уравнение (0.1) в одномерном случае принимает вид

$$u_\tau = u \left(u_{\rho\rho} + \frac{\mu}{\rho} u_\rho \right) + \frac{1}{\sigma} u_\rho^2, \quad (1.1)$$

где u — искомая функция; τ, ρ — независимые переменные; $\mu = 0, 1, 2$ в случаях плоской, цилиндрической и сферической симметрии соответственно. Далее предполагается, что $\mu = 0, 2$. Рассмотрим для уравнения (1.1) краевые условия

$$u(\tau, \rho) \Big|_{\rho=R} = f(\tau), \quad (1.2)$$

где $R = \text{const} > 0$, $f = f(\tau)$ — аналитическая в некоторой окрестности $\tau = 0$ функция такая, что $f(0) = 0$, $f'_\tau(0) > 0$. Предполагается также, что $\rho > 0$.

Чтобы привести задачу (1.1), (1.2) к более удобному виду, сделаем сдвиг по переменной ρ на R , то есть сделаем замену $r = \rho - R$.

Задача (1.1), (1.2) принимает вид

$$u_\tau = u \left(u_{rr} + \frac{\mu}{r+R} u_r \right) + \frac{1}{\sigma} u_r^2; \quad (1.3)$$

$$u(\tau, r)|_{r=0} = f(\tau). \quad (1.4)$$

Для задачи вида (1.3), (1.4) доказана

Теорема. Пусть $f = f(\tau)$ — аналитическая в некоторой окрестности $\tau = 0$ функция. Пусть также выполняются условия $f(\tau)|_{\tau=0} = 0$; $f'_\tau(\tau)|_{\tau=0} > 0$. Тогда для задачи (1.3), (1.4) существует единственное аналитическое в некоторой окрестности $\tau = 0$, $r = 0$ решение, если выбран знак $u_r|_{\tau=0, r=0}$.

Отметим, что выбор знака соответствует выбору направления тепловой волны: во внешнюю или во внутреннюю область.

При доказательстве теоремы используется нижеследующее вспомогательное утверждение.

Лемма. Пусть A — трехдиагональная матрица. 1. Если элементы наддиагонали этой матрицы отрицательны, а элементы поддиагонали и главной диагонали положительны, то определитель матрицы A положителен. 2. Если элементы наддиагонали и главной диагонали отрицательны, а поддиагонали — положительны, то определитель положителен для матриц четного порядка и отрицателен для матриц нечетного порядка.

Справедливость леммы можно показать индукцией по порядку матрицы.

Доказательство теоремы проведем в два этапа: построение решения задачи (1.3), (1.4) в виде ряда

по степеням τ и r ; доказательство сходимости ряда.

2. Построение решения

По условию теоремы в некоторой окрестности $\tau = 0$ справедливо разложение

$$f(\tau) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f_n}{n!} \tau^n. \quad (2.1)$$

Будем строить решение в виде степенного ряда

$$\sum_{n,m=0}^{\infty} \frac{u_{n,m}}{n!m!} \tau^n r^m, u_{n,m} = \left. \frac{\partial^{n+m} u}{\partial \tau^n \partial r^m} \right|_{\tau=0, r=0}. \quad (2.2)$$

Коэффициенты $u_{n,0}$ можно определить из условия (1.4):

$$\begin{aligned} u(\tau, r)|_{r=0} &= \sum_{n,m=0}^{\infty} \frac{u_{n,m}}{n!m!} \tau^n r^m \Big|_{r=0} = \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{u_{n,0}}{n!} \tau^n = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{f_n}{n!} \tau^n. \end{aligned}$$

Видно, что $u_{n,0} = f_n$, $n = 0, 1, 2, \dots$ В частности, $u_{0,0} = f_0 = 0$, так как функция f по условию обращается в нуль при $\tau = 0$.

Чтобы определить коэффициент $u_{0,1}$, положим в уравнении (1.3) $\tau = 0$ и $r = 0$. Учитывая, что функция u равна нулю при $\tau = r = 0$, а $u_{1,0} = f_1$, получаем уравнение

$$f_1 = \frac{1}{\sigma} u_{0,1}^2.$$

Отсюда видно, что коэффициент $u_{0,1}$ можно определить двояко по формуле

$$u_{0,1} = \pm \sqrt{\sigma f_1}.$$

Для определенности будем рассматривать случай $u_{0,1} < 0$, когда тепловая волна движется во внешнюю область (удаляется от оси или центра симметрии). Случай $u_{0,1} > 0$ рассматривается аналогично.

Покажем теперь, что можно однозначно определить все коэффициенты $u_{n,m}$. Для удобства перепишем

уравнение (1.3), выделив в нем сла-
гаемые, содержащие u_{rr} и u_r^2 :

$$u_\tau = uu_{rr} + \frac{1}{\sigma} u_r^2 + \frac{\mu}{r+R} uu_r. \quad (2.3)$$

Дифференцируя уравнение (2.3)
 n раз по τ и m раз по r и полагая
 $\tau = r = 0$, получим формулу

$$u_{n+1,m} - (m+2/\sigma)u_{0,1}u_{n,m+1} -
-nf_1u_{n-1,m+2} = P_{n,m}; \quad (2.4)$$

$$P_{n,m} = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n C_m^i C_n^j u_{j,i} u_{n-j,m-i+2} +
+ \frac{1}{\sigma} \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n C_m^i C_n^j u_{j,i+1} u_{n-j,m-i+1} +
+ \mu \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n C_m^i C_n^j u_{n-j,m-i+1} \left(\sum_{l=0}^i C_i^l u_{j,i-l} \frac{(-1)^l l!}{R^{l+1}} \right).$$

Следует отметить, что $P_{n,m}$ зави-
сит только от тех коэффициентов,
сумма индексов которых не превос-
ходит числа $n+m$.

Далее доказательство опирается
на принцип математической индук-
ции. Предположим, что определены
все коэффициенты, сумма индексов
которых не превосходит числа $n+m$.
Используя формулу (2.4), варьируя
значения n и m , получим систему ли-
нейных алгебраических уравнений

$$\begin{pmatrix} b_1 & a_{n+m} & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & b_2 & a_{n+m-1} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & b_3 & \dots & 0 & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & b_{n+m} & a_1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & b_{n+m+1} \end{pmatrix} \times$$

$$\begin{pmatrix} u_{n+m,1} \\ u_{n+m-1,2} \\ \dots \\ u_{1,n+m} \\ u_{0,n+m+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{n+m,0} - f_{n+m+1} \\ P_{n+m-1,1} \\ \dots \\ P_{1,n+m-1} \\ P_{0,n+m} \end{pmatrix},$$

где

$$b_i = -(i-1+2/\sigma)u_{0,1} > 0, \quad a_j = -jf_1 < 0;
i = 1, 2, \dots, n+m+1; \quad j = 1, 2, \dots, n+m.$$

Таким образом, выполнены все
условия первой части вышеупомя-
нутой леммы, система невырожде-
на и однозначно разрешима. На ос-
новании принципа математической
индукции заключаем, что все коэф-
фициенты ряда (2.2) определяются
однозначно.

3. Доказательство сходимости

Доказательство сходимости прово-
дится методом мажорант. К зада-
че (1.3), (1.4) метод мажорант непо-
средственно неприменим, поэтому
сначала проведем некоторые преоб-
разования. В задаче (1.3), (1.4) сде-
лаем замену

$$t = \tau, \quad z = r - a(\tau).$$

Здесь $a(\tau)$ — неизвестная функ-
ция такая, что $a(0) = 0$, $a_\tau(\tau)|_{\tau=0} > 0$,
 $u(\tau, r)|_{r=a(\tau)} = 0$.

Такая замена невырождена, так
как ее якобиан равен единице.

После этой замены задача (1.3),
(1.4) приобретает вид

$$u_t - a_t u_z = uu_{zz} + \frac{1}{\sigma} u_z^2 +
+ \frac{\mu}{z+a+R} uu_z, \quad (3.1)$$

$$u(t, z)|_{z=-a} = f(t), \quad (3.2)$$

$$u(t, z)|_{z=0} = 0. \quad (3.3)$$

Далее поменяем ролями u и z , что-
бы u стала независимой переменной,
а z — искомой функцией. Для этого
сделаем замену

$$\tau = t, \quad z = z(t, u).$$

Якобиан замены равен $J = z_u = \frac{1}{u_z}$.
Покажем, что замена невырождена.
Положим в уравнении (3.1) $z = t = 0$.

С учетом того, что $u(t, z)|_{z=0} = 0$, получаем:

$$-a_t|_{t=0} u_z|_{t=z=0} = \frac{1}{\sigma} u_z^2|_{t=z=0}.$$

Отсюда

$$u_z|_{t=z=0} = -\sigma a_t|_{t=0} < 0.$$

Следовательно, функция u_z отлична от нуля в некоторой окрестности $t = 0, z = 0$. Задача (3.1)–(3.3) после замены и домножения полученного уравнения на $-z_u^3$ принимает вид

$$(z_\tau + a_\tau) z_u^2 = u z_{uu} - \frac{1}{\sigma} z_u - \frac{\mu}{z + a + R} u z_u^2, \quad (3.4)$$

$$z(\tau, u)|_{u=f(\tau)} = -a(\tau), \quad (3.5)$$

$$z(\tau, u)|_{u=0} = 0. \quad (3.6)$$

Для того чтобы избавиться от неизвестной функции a и ее производной, подставим в полученное уравнение выражения, определенные из условия (3.5):

$$a = -z|_{u=f}; \quad a_\tau = -z_\tau|_{u=f} - z_u|_{u=f} f'_\tau.$$

Получаем задачу

$$(z_\tau - z_\tau|_{u=f} - z_u|_{u=f} f'_\tau) z_u^2 = u z_{uu} - \frac{1}{\sigma} z_u - \frac{\mu}{z - z|_{u=f} + R} u z_u^2, \quad (3.7)$$

$$z(\tau, u)|_{u=0} = 0. \quad (3.8)$$

Далее, для того чтобы кривая $u = f(\tau)$ стала новой координатной осью $w = 0$, сделаем замену

$$v = u, \quad w = u - f(\tau).$$

Якобиан замены $J = -f'_\tau$. По условию теоремы $f'_\tau(\tau)|_{\tau=0} > 0$. Так как f — аналитическая функция, то $f'_\tau(\tau) > 0$ в некоторой окрестности $\tau = 0$. Следовательно, в этой окрестности замена невырождена.

Чтобы выразить старые переменные через новые, рассмотрим второе соотношение в виде

$$\Phi(v - w, \tau) \equiv v - w - f(\tau) = 0. \quad (3.9)$$

Так как $\Phi_\tau \equiv -f'_\tau(\tau) \neq 0$ в некоторой окрестности $\tau = 0$, то по теореме о неявной функции (3.9) определяет аналитическую функцию $\tau = \psi(v - w)$ такую, что

$$\psi(v - w)|_{v-w=0} = 0.$$

Введем дополнительное обозначение для функции $F(v - w) = -f_\tau|_{\tau=\psi(v-w)}$. Так как эта функция аналитическая, ее можно представить в виде $F = F_0 + vF_1$, где $F_0 = F(v - w)|_{v=0} = F(-w)$, $F_1 = F_1(v, w)$.

Тогда задача (3.7), (3.8) примет вид

$$[Fz_w - (Fz_w)|_{w=0} + (z_v + z_w)|_{w=0} F] \times (z_v + z_w)^2 = v(z_{vv} + 2z_{vw} + z_{ww}) - \frac{1}{\sigma} (z_v + z_w) - \mu \frac{v(z_v + z_w)^2}{z - z|_{w=0} + R}, \quad (3.10)$$

$$z(v, w)|_{v=0} = 0. \quad (3.11)$$

Наконец, чтобы сделать последнее преобразование задачи, определим $z_1(w) = z_v(v, w)|_{v=0}$. Для этого положим в уравнении (3.10) $v = 0$ и разделим на z_1 . Получим

$$F(-w)(z_1|_{w=0})z_1 = -\frac{1}{\sigma}. \quad (3.12)$$

Для того чтобы определить $z_{1,0} = z_1|_{w=0}$, положим в (3.12) $w = 0$. С учетом того, что $F(v - w)|_{v-w=0} = -f_1$, получим

$$z_{1,0} = -\frac{1}{\sqrt{\sigma f_1}}.$$

Подставляя $z_{1,2}$ в (3.12), получаем

$$z_1 = -\frac{1}{\sigma F(-w)z_{1,0}}.$$

Теперь сделаем замену:

$$z(v, w) = vz_1(w) + v^2 Z(v, w).$$

Здесь $z(v, w)$ — новая неизвестная функция. Данная замена представляет собой частичное разложение в ряд функции $z(v, w)$. При таком разложении условие (3.11) выполняется автоматически.

Таким образом, задача (3.10), (3.11) сводится к уравнению

$$\begin{aligned} & [F(vz_{1w} + v^2 Z_w) - (F(vz_{1w} + v^2 Z_w))] |_{w=0} + \\ & + (z_1 + 2vZ + v^2 Z_v + vz_{1w} + v^2 Z_w) |_{w=0} F] \times \\ & \times (z_1 + 2vZ + v^2 Z_v + vz_{1w} + v^2 Z_w)^2 = \\ & = v(2Z + 4vZ_v + v^2 Z_{vv} + 2z_{1w} + 4vZ_w + \\ & + 2v^2 Z_{vw} + vz_{1ww} + v^2 Z_{ww}) - \\ & - \frac{1}{\sigma} (z_1 + 2vZ + v^2 Z_v + vz_{1w} + v^2 Z_w) - \\ & - \mu \frac{v(z_1 + 2vZ + v^2 Z_v + vz_{1w} + v^2 Z_w)^2}{vz_1 + v^2 Z - vz_1 |_{w=0} - v^2 Z |_{w=0} + R}. \end{aligned} \quad (3.13)$$

После перемножения в уравнении (3.13) полиномиальных выражений, приведения подобных, группировки коэффициентов при одинаковых степенях v , деления на v , оно примет вид

$$\begin{aligned} & 2\left(1 + \frac{1}{\sigma}\right)Z + \left(4 + \frac{1}{\sigma}\right)vZ_v + v^2 Z_{vv} - \\ & - \frac{2f_1}{\sigma F(-w)} (Z |_{w=0}) - \\ & - \frac{f_1}{\sigma F(-w)} v(Z_v |_{w=0}) = \\ & = g_0(v, w) + vg_1 + v^2 g_2, \end{aligned} \quad (3.14)$$

где $g_1 = g_1(v, w, Z, Z_w, Z |_{w=0}, Z_w |_{w=0})$,

функция g_2 зависит от Z и Z_v и не зависит от производных функции Z по v второго и более порядков.

Следует также отметить, что функции g_1, g_2 представляют собой суммы, некоторые слагаемые которых содержат в качестве множителей выражение

$$\frac{\mu}{vz_1 + v^2 Z - vz_1 |_{w=0} - v^2 Z |_{w=0} + R},$$

так как $\mu > 0$, то g_0, g_1, g_2 отличаются от подобных функций, полученных в [5].

Далее строится решение уравнения (3.14) в виде ряда по степеням v :

$$Z(v, w) = \sum_{k=0}^{\infty} Z_k(w) \frac{v^k}{k!}.$$

Определяются коэффициенты Z_0, Z_1, Z_2 и $Z_k, k \geq 3$. Можно показать, что уравнение вида

$$\begin{aligned} & 2\left(1 + \frac{1}{\sigma}\right)W + \left(4 + \frac{1}{\sigma}\right)vW_v + \\ & + v^2 W_{vv} = [1 + \beta(w)]G \end{aligned} \quad (3.15)$$

является мажорантным для уравнения (3.14), если

$$\beta(w) \gg \frac{f_1}{\sigma F(-w)}$$

и $G = G_0 + vG_1 + v^2 G_2 \gg g_0 + vg_1 + v^2 g_2$.

Доказательство существования аналитического мажорирующего нуля решения уравнения (3.15) основано на теореме Ковалевской и здесь не приводится, так как правая часть уравнения (3.15) совпадает с правой частью уравнения (5.9) из работы [5] и при доказательстве используются аналогичные рассуждения.

Заключение

В ходе проведенного исследования доказана новая теорема существования и единственности решения задачи об иницировании тепловой волны, когда краевые условия заданы на сфере или цилиндре, являющаяся аналогом теоремы Ковалевской в рассмотренном случае. Тем самым усилены и обобщены научные результаты, ранее полученные научной школой А. Ф. Сидорова. Поскольку решения строятся

в виде степенных рядов, результаты исследования могут быть использованы для численного моделирования и проверки результатов расчетов, выполненных другими, более эффективными методами, например, сеточными или гранично-элементными. ■

Литература

1. Зельдович Я. Б. К теории распространения тепла при теплопроводности, зависящей от температуры / Я. Б. Зельдович, А. С. Компанец // В кн. : Сборник, посвященный 70-летию А. Ф. Иоффе. М. : Изд-во АН СССР, 1950. С. 61–71.
2. Баренблатт Г. И. Теория нестационарной фильтрации жидкости и газа / Г. И. Баренблатт, В. М. Ентов, В. М. Рыжик. М. : Недра, 1972. 220 с.
3. Самарский А. А. Режимы с обострением в задачах для квазилинейных параболических уравнений / А. А. Самарский, В. А. Галактионов, С. П. Курдюмов, А. П. Михайлов. М. : Наука, 1987. 478 с.
4. Сидоров А. Ф. Избранные труды: Математика. Механика / А. Ф. Сидоров. М. : Физматлит, 2001. 576 с. ISBN 5-9221-0103-X.
5. Баутин С. П. Аналитическая тепловая волна / С. П. Баутин. М. : Физматлит, 2003. 88 с. ISBN 5-9221-0443-8.
6. Казаков А. Л. О существовании и единственности решения краевой задачи для параболического уравнения нестационарной фильтрации / А. Л. Казаков, А. А. Лемперт // Прикладная механика и техническая физика. 2013. Т. 54, № 2. С. 97–105. ISSN 0869-5032.
7. Казаков А. Л. Аналитическое и численное исследование одной краевой задачи нелинейной фильтрации с вырождением / А. Л. Казаков, А. А. Лемперт // Вычислительные технологии. 2012. Т. 17, № 1. С. 57–68. ISSN 1560-7534.

References

1. Zeldovich Ya. B. K teorii rasprostraneniya tepla pri teploprovodnosti, zavisyashchey ot temperatury [Theory of heat propagation in temperature-dependent thermal conductivity] / Ya. B. Zeldovich, A. S. Kompaneyets // V kn. : Sbornik, posvyashchenniy 70-letiyu A. F. Ioffe. M. : Izd-vo AN SSSR, 1950. P. 61–71.
2. Barenblatt G. I. Teoriya nestatsionarnoy filtratsii zhidkosti i gaza [Theory of non-stationary filtration of liquid and gas] / G. I. Barenblatt, V. M. Entov, V. M. Ryzhik. M. : Nedra, 1972. 220 p.
3. Samarskiy A. A. Rezhimy s obostreniem v zadachakh dlya kvazilineynykh parabolicheskikh uravneniy [Regimes with peaking in problems for quasilinear parabolic equations] / A. A. Samarskiy, V. A. Galaktionov, S. P. Kurdyumov, A. P. Mikhaylov. M. : Nauka, 1987. 478 p.
4. Sidorov A. F. Izbrannyye trudy: Matematika. Mekhanika [Selected Works: Mathematics. Mechanics] / A. F. Sidorov. M. : Fizmatlit, 2001. 576 p. ISBN 5-9221-0103-X.
5. Bautin S. P. Analiticheskaya teplovaya volna [Analytical heatwave] / S. P. Bautin. M. : Fizmatlit, 2003. 88 p. ISBN 5-9221-0443-8.
6. Kazakov A. L. O sushchestvovanii i edinstvennosti resheniya kraevoy zadachi dlya parabolicheskogo uravneniya nestatsionarnoy filtratsii [On existence and uniqueness of the solution of boundary value problem for a parabolic equation of unsteady filtration] / A. L. Kazakov, A. A. Lempert // Prikladnaya mekhanika i tekhnicheskaya fizika. 2013. T. 54, No. 2. P. 97–105. ISSN 0869-5032.
7. Kazakov A. L. Analiticheskoe i chislennoe issledovaniye odnoy kraevoy zadachi nelineynoy filtratsii s vyrozhdением [Analytical and numerical investigation of a boundary value problem of nonlinear filtering with extinction] / A. L. Kazakov, A. A. Lempert // Vychislitelnye tekhnologii. 2012. T. 17, No. 1. P. 57–68. ISSN 1560-7534.

Статья сдана в редакцию 7 октября 2013 года

УДК 517.95+533.6

*С. Л. Дерябин, А. В. Мезенцев***Математическое моделирование
восходящих закрученных потоков,
примыкающих к вакууму, в вырожденном случае**

UDC 517.95+533.6

*S. L. Deryabin, A. V. Mezentsev***Mathematical modeling of swirling upward flows
adjacent to a vacuum, in the degenerate case****Аннотация**

Рассматриваются трехмерные изэнтропические течения идеального политропного газа, примыкающие к вакууму в условиях действия сил тяготения и Кориолиса. Исследуется задача о непрерывном примыкании газа к вакууму с сильным вырождением системы уравнений на свободной поверхности. Предполагается, что значение производной от скорости звука газа на границе газ-вакуум равно нулю. Доказывается теорема существования и единственности решения задачи в окрестности границы газ-вакуум.

В виде сходящихся степенных рядов конструктивно построены решения начально-краевой задачи. Для определения коэффициентов рядов получены системы дифференциальных уравнений. Для определения закона движения свободной поверхности газ-вакуум получена и проинтегрирована система дифференциальных уравнений с частными производными.

Ключевые слова: сжимаемая сплошная среда, модель газовой динамики, политропный газ, сила Кориолиса, свободная поверхность газ-вакуум.

Summary

Three-dimensional isentropic flows of ideal polytropic gas adjacent to vacuum under the action of gravity and Coriolis forces are considered. The problem of continuous abutting gas to the vacuum with strong degeneration of equations on the free surface is investigated. It is assumed that the value of the derivative of the speed of sound on the boundary of the gas-to-vacuum is equal to zero. The theorem of existence and uniqueness of the solution in a neighborhood of gas-vacuum is proved. The solutions of the initial-boundary value problem are built constructively in the form of convergent power series. To determine the coefficients of the series the systems of differential equations are obtained. To determine the law of motion of the free surface gas-vacuum the system of differential equations are obtained and integrated.

Key words: the compressible continuous medium, model of gas dynamics, polytropic gas, the Coriolis force, the free surface gas-vacuum.

Сергей Львович Дерябин, д-р физ.-мат. наук, профессор; кафедра высшая и прикладная математика» Уральского государственного университета путей сообщения ;Екатеринбург, Россия. E-mail: SDeryabin@usurt.ru.

Алексей Владимирович Мезенцев, канд. физ.-мат. наук, зав. лабораторией, кафедра «Высшая и прикладная математика» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: AMezentsev@usurt.ru.

Sergey Lvovich Deryabin, DSc in Physics and mathematics, Professor, Department of «Higher and Applied Mathematics» Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia. E-mail: SDeryabin@usurt.ru.

Alexey Vladimirovich Mezentsev, PhD in Physics and mathematics, Head of the laboratory, Department of «Higher and Applied Mathematics» Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia. E-mail: AMezentsev@usurt.ru.

Задачи об истечении газа в вакуум рассматривались в работах [1–11]; максимально подробный обзор полученных результатов представлен в [1].

В [2] решение задачи об истечении в вакуум впервые было построено в виде характеристических рядов в окрестности звуковой характеристики, отделяющей исходное фоновое течение от искомой волны разрежения. В [3] доказано, что при схлопывания одномерной полости свободная поверхность некоторое время движется с постоянной скоростью. Этот результат обобщен на случай двумерных и трехмерных течений [4, 5] и одномерных течений и трехмерных течений в условиях самогравитации [6–8]. Исследовались также трехмерные течения в условиях действия внешних массовых сил, зависящих от пространственных переменных [9], в том числе эволюция закрученных течений под действием силы тяготения [10]. В [11] исследовалась задача, когда плотность внешней силы является суммой кориолисова ускорения и ускорения свободного падения, в предположении, не равенства нулю производной от плотности газа на границе газ-вакуум.

В данной статье, которая является развитием работы [11], рассматривается задача о непрерывном примыкании газа к вакууму с нулевыми значениями выводящей производной от плотности газа на границе газ-вакуум.

1. Постановка задачи

В момент $t = t_0$ трехмерная поверхность Γ с уравнением $z = \varphi(x, y)$ отделяет идеальный политропный газ от вакуума. В задаче предполагается, что газ находится снаружи, а внутри полости — вакуум. В момент $t = t_0$ известны распределения параметров газа: $\mathbf{U} = \mathbf{U}_0(\mathbf{x}) = \{u, v, w\}$ — скорости газа; $c = c_0(\mathbf{x})$ — скорости звука газа, где $\mathbf{x} = (x, y, z)$. Функции $\mathbf{U}_0(\mathbf{x})$, $c_0(\mathbf{x})$, а также функция,

задающая поверхность Γ предполагаются аналитическими. Будет также предполагаться, что в начальный и во все последующие моменты времени $t > t_0$ на границе газ-вакуум функция $c_0(t, \mathbf{x})|_{\Gamma_0} = 0$, то есть газ непрерывно примыкает к вакууму.

Необходимо построить решение задачи о непрерывном примыкании газа к вакууму в окрестности свободной поверхности Γ_0 , найти закон ее движения и моменты времени, когда возникают бесконечные производные на свободной поверхности.

В этой работе будут рассматриваться изэнтропические течения идеального политропного газа, примыкающие к вакууму в условиях действия сил тяготения и Кориолиса. Как и в [12], течения строятся в относительной декартовой системе координат с осями Ox , Oy , Oz , направленными соответственно на восток, север, и вверх от поверхности Земли (рис. 1). Будет полагаться, что точка O — начало декартовой системы координат — лежит поверхности Земли в северном полушарии на параллели с широтой ψ .

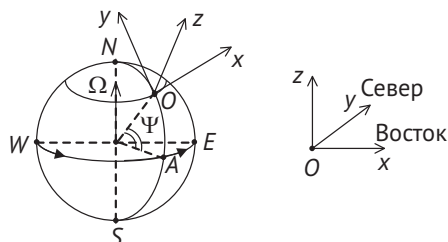


Рис. 1

Система уравнений, описывающая изэнтропические течения идеального политропного газа в условиях действия сил тяготения и Кориолиса, имеет следующий вид [12]:

$$c_t + c_x u + c_y v + c_z w + \frac{\gamma - 1}{2} c(u_x + v_y + w_z) = 0, \quad (1.1)$$

$$\begin{aligned}
 & u_t + u_x u + u_y v + u_z w + \\
 & + \frac{2}{\gamma - 1} c c_x = 2\Omega_3 v - 2\Omega_2 w, \\
 & v_t + v_x u + v_y v + v_z w + \frac{2}{\gamma - 1} c c_y = -2\Omega_3 u, \\
 & w_t + w_x u + w_y v + w_z w + \\
 & + \frac{2}{\gamma - 1} c c_z = 2\Omega_2 u - g.
 \end{aligned}$$

Здесь g — ускорение свободного падения; c — скорость звука газа; u, v, w — проекции вектора скорости в декартовой системе координат x, y, z .

В системе (1.1) введем новую независимую переменную $\eta = z - z_0(t, x, y)$, где $z = z_0(t, x, y)$ — неизвестный закон движения свободной поверхности Γ_0 . В начальный момент времени совпадает Γ_0 с Γ , т.е. $z_0(t_0, x, y) = \varphi(x, y)$. Заметим, что введя так новую независимую переменную, мы поверхность Γ_0 взяли за новую координатную плоскость $\eta = 0$. Получим систему:

$$\begin{aligned}
 & c_t + c_x u + c_y v + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) c_\eta + \\
 & + \frac{\gamma - 1}{2} c(u_x + v_y + w_\eta - z_{0x} u_\eta - z_{0y} v_\eta) = 0, \\
 & u_t + u_x u + u_y v + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) u_\eta + \\
 & + \frac{2}{\gamma - 1} c(c_x - z_{0x} c_\eta) = 2\Omega_3 v - 2\Omega_2 w, \\
 & v_t + v_x u + v_y v + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) v_\eta + \\
 & + \frac{2}{\gamma - 1} c(c_y - z_{0y} c_\eta) = -2\Omega_3 u \\
 & w_t + w_x u + w_y v + \\
 & + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) w_\eta + \\
 & + \frac{2}{\gamma - 1} c c_\eta = 2\Omega_2 u - g. \quad (1.2)
 \end{aligned}$$

Начальные условия переищутся в виде

$$\begin{aligned}
 & c(t_0, x, y, \eta) = c_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)), \\
 & u(t_0, x, y, \eta) = u_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)), \\
 & v(t_0, x, y, \eta) = v_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)), \\
 & w(t_0, x, y, \eta) = w_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)).
 \end{aligned}$$

Условие на свободной поверхности: $c(t, x, y, 0) = 0$.

Далее, в отличие от работы [11], предполагается, что

$$c_{0\eta}(x, y, \eta + \varphi(x, y))|_{\eta=0} = 0.$$

Пусть

$$c_0(x, y, \eta) = [\eta - \varphi(x, y)]^k c^0(x, y, \eta),$$

где $c^0(x, y, \eta)|_{\eta=0} \neq 0, k > 1$.

В системе (1.2) введем новую неизвестную функцию $\sigma = \sqrt[k]{c}$. Тогда

$$\sigma_0(x, y, \eta) = [\eta - \varphi(x, y)]^k \sqrt[k]{c^0(x, y, \eta)},$$

и $\sigma_{0\eta}(x, y, \eta)|_{\eta=0} = \sqrt[k]{c^0(x, y, 0)} \neq 0$.

В результате получим систему

$$\begin{aligned}
 & \sigma_t + \sigma_x u + \sigma_y v + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) \sigma_\eta + \\
 & + \frac{\gamma - 1}{2k} \sigma(u_x + v_y + w_\eta - z_{0x} u_\eta - z_{0y} v_\eta) = 0,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & u_t + u_x u + u_y v + \\
 & + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) u_\eta + \\
 & + \frac{2k}{\gamma - 1} \sigma^{2k-1} (\sigma_x - z_{0x} \sigma_\eta) = \\
 & = 2\Omega_3 v - 2\Omega_2 w, \quad (1.3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & v_t + v_x u + v_y v + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) v_\eta + \\
 & + \frac{2k}{\gamma - 1} \sigma^{2k-1} (\sigma_y - z_{0y} \sigma_\eta) = -2\Omega_3 u,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & w_t + w_x u + w_y v + (w - z_{0t} - z_{0x} u - z_{0y} v) w_\eta + \\
 & + \frac{2k}{\gamma - 1} \sigma^{2k-1} c_\eta = 2\Omega_2 u - g.
 \end{aligned}$$

Начальные данные системы (1.3):

$$\begin{aligned}
 & \sigma(t_0, x, y, \eta) = \sigma_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)), \\
 & u(t_0, x, y, \eta) = u_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)), \quad (1.4)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & v(t_0, x, y, \eta) = v_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)), \\
 & w(t_0, x, y, \eta) = w_0(x, y, \eta + \varphi(x, y)),
 \end{aligned}$$

граничное условие — $\sigma(t, x, y, 0) = 0$. (1.5)

В системе (1.3) положим $\eta = 0$ и, учитывая условие (1.5), получим

$$\begin{aligned} z_{0t} + z_{0x}u_0 + z_{0y}v_0 &= w_0, \\ u_{0t} + u_{0x}u_0 + u_{0y}v_0 &= 2\Omega_3v_0 - 2\Omega_2w_0, \\ v_{0t} + v_{0x}u_0 + v_{0y}v_0 &= -2\Omega_3u_0, \\ w_{0t} + wu_0 + w_{0y}v_0 &= 2\Omega_2u_0 - g \end{aligned} \quad (1.6)$$

систему, полученную в работе [11].

Система (1.6) с помощью характеристического параметра τ сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned} z_{0t} &= w_0, \quad u_{0t} = 2\Omega_3v_0 - 2\Omega_2w_0, \\ v_{0t} &= -2\Omega_3u_0, \quad w_{0t} = 2\Omega_2u_0 - g; \end{aligned}$$

общее решение системы имеет вид

$$\begin{aligned} u_0 &= C_1 \cos(2\Omega\tau) + \\ &+ C_2 \sin(2\Omega\tau) + \frac{g \cos \psi}{2\Omega}, \end{aligned} \quad (1.7)$$

$$\begin{aligned} v_0 &= -C_1 \sin \psi \sin(2\Omega\tau) + \\ &+ C_2 \sin \psi \cos(2\Omega\tau) - \\ &- \frac{g \sin 2\psi}{2} \tau + C_3 \cos \psi, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} w_0 &= C_1 \cos \psi \sin(2\Omega\tau) - \\ &- C_2 \cos \psi \cos(2\Omega\tau) - \\ &- (g \sin^2 \psi) \tau + C_3 \sin \psi, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x &= \frac{C_1}{2\Omega} \sin(2\Omega\tau) - \frac{C_2}{2\Omega} \cos(2\Omega\tau) - \\ &- \frac{g \cos \psi}{2\Omega} \tau + C_4, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y &= \frac{C_1 \sin \psi}{2\Omega} \cos(2\Omega\tau) + \\ &+ \frac{C_2 \sin \psi}{2\Omega} \sin(2\Omega\tau) - \\ &- \frac{g \sin 2\psi}{4} \tau^2 + (C_3 \cos \psi) \tau + C_5, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_0 &= -\frac{C_1 \cos \psi}{2\Omega} \cos(2\Omega\tau) - \\ &- \frac{C_2 \cos \psi}{2\Omega} \sin(2\Omega\tau) - \\ &- \frac{g \sin^2 \psi}{2} \tau^2 + (C_3 \sin \psi) \tau + C_6. \end{aligned}$$

Здесь $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ — произвольные постоянные, появившиеся в результате интегрирования. Произвольные постоянные однозначно определяются с помощью начальных условий (1.4).

Теперь на границе газ-вакуум известны значения всех газодинамических параметров и можно, поставив новую начальную-краевую задачу (1.3), (1.4), (1.7).

Теорема

Существует t_ такое, что при $t_0 \leq t \leq t_*$ в некоторой окрестности Γ_0 существует единственное локально-аналитическое решение задачи (1.3), (1.4), (1.7).*

Доказательство данной теоремы сводится, как и в [1], к теореме о существовании единственного аналитического решения у характеристической задачи Коши стандартного вида [1]. Задача (1.3), (1.7) является характеристической задачей Коши с данными на характеристике кратности четыре, поэтому для построения единственного локально-аналитического решения надо задать четыре дополнительных условия. Этими условиями и являются условия (1.4).

Для конструктивного представления решения задачи (1.3), (1.4), (1.7), разложим его в ряд по степеням η

$$\mathbf{f}(t, x, y, \eta) = \sum_{k=1}^{\infty} \mathbf{f}_k(t, x, y) \frac{\eta^k}{k!},$$

где $\mathbf{f} = \{\sigma, u, v, w\}$. (1.8)

В системе (1.3) положим $\eta = 0$ и, учитывая (1.7), получим тождество.

Продифференцируем систему (1.3) по η , положим $\eta = 0$, будем иметь системы транспортных уравнений:

$$\begin{aligned} \sigma_{1t} + \sigma_{1x}u_0 + \sigma_{1y}v_0 + \\ + (w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)\sigma_1 + \\ + \frac{\gamma - 1}{2k} \sigma_1(u_{0x} + v_{0y} + w_1 - \\ - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1) = 0, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & u_{1t} + u_{1x}u_0 + u_{1y}v_0 + \\
 & + (w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)u_1 + \\
 & + u_{0x}u_1 + u_{0y}v_1 = \\
 & = 2\Omega_3v_1 - 2\Omega_2w_1, \quad (1.9)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & v_{1t} + v_{1x}u_0 + v_{1y}v_0 + \\
 & + (w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)v_1 + \\
 & + v_{0x}u_1 + v_{0y}v_1 = -2\Omega_3u_1,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & w_{1t} + w_{1x}u_0 + w_{1y}v_0 + \\
 & + (w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)w_1 + \\
 & + w_{0x}u_1 + w_{0y}v_1 = 2\Omega_2u_1.
 \end{aligned}$$

Система (1.9) с помощью характеристического параметра τ сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, удобной для численного исследования:

$$\begin{aligned}
 & \sigma_{1\tau} + (w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)\sigma_1 + \\
 & + \frac{\gamma-1}{2k}\sigma_1(u_{0x} + v_{0y} + w_1 - \\
 & - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1) = 0,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & u_{1\tau} + (w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)u_1 + \\
 & + u_{0x}u_1 + u_{0y}v_1 = 2\Omega_3v_1 - 2\Omega_2w_1,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & v_{1\tau} + (w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)v_1 + \\
 & + v_{0x}u_1 + v_{0y}v_1 = -2\Omega_3u_1, \quad (1.10)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & w_{1\tau} + (w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)w_1 + \\
 & + w_{0x}u_1 + w_{0y}v_1 = 2\Omega_2u_1.
 \end{aligned}$$

Продифференцируем систему (1.3) n раз по η , положим $\eta = 0$, учитывая уже найденные коэффициенты ряда (1.8), имеем

$$\begin{aligned}
 & \sigma_{nt} + \sigma_{nx}u_0 + \sigma_{ny}v_0 + \\
 & + \left(\frac{\gamma-1}{2k}n + 1\right)(w_n - z_{0x}u_n - z_{0y}v_n)\sigma_1 + \\
 & + \frac{\gamma-1}{2k}\sigma_n(u_{0x} + v_{0y}) + \left(\frac{\gamma-1}{2k} + n\right) \times \\
 & \times (w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)\sigma_n = F_{1n}(t, x, y),
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & u_{nt} + u_{nx}u_0 + u_{ny}v_0 + u_{0x}u_n + \\
 & + u_{0y}v_n + (w_n - z_{0x}u_n - z_{0y}v_n)u_1 + \\
 & + n(w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)u_n = \\
 & = 2\Omega_3v_n - 2\Omega_2w_n + F_{2n}(t, x, y).
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & v_{nt} + v_{nx}u_0 + v_{ny}v_0 + v_{0x}u_n + \\
 & + v_{0y}v_n + (w_n - z_{0x}u_n - z_{0y}v_n)v_1 + \\
 & + n(w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)v_n = \\
 & = -2\Omega_3u_n + F_{3n}(t, x, y),
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & w_{nt} + w_{nx}u_0 + w_{ny}v_0 + w_{0x}u_1 + \\
 & + w_{0y}v_1 + (w_n - z_{0x}u_n - z_{0y}v_n)w_1 + \\
 & + n(w_1 - z_{0x}u_1 - z_{0y}v_1)w_n = \\
 & = 2\Omega_2u_n + F_{4n}(t, x, y).
 \end{aligned}$$

Функции $F_{1n}(t, x, y)$, $F_{2n}(t, x, y)$, $F_{3n}(t, x, y)$, $F_{4n}(t, x, y)$ известным образом зависят от ранее полученных коэффициентов ряда (1.8) и здесь не приводятся из-за громоздкости.

Таким образом, в виде ряда (1.8) построено единственное аналитическое решение, непрерывно примыкающее к вакууму. В виде конечных формул (1.7) построен закон движения границы газ-вакуум. Для нахождения моментов времени, до которых сохраняется полученное течение, выписаны системы транспортных уравнений (1.9), (1.10)

Основной вывод

Построенное решение задачи (1.3), (1.4), (1.7) отличается от решений, полученных в работе [11], однако закон движения границы газ-вакуум и значения параметров газа на ней совпадают как в вырожденном, так и невырожденном случаях.

Авторы благодарят С. П. Баутина за полезное обсуждение данной работы. ■

Литература

1. Баутин С. П., Дерябин С. Л. Математическое моделирование истечения идеального газа в вакуум. Новосибирск : Наука, 2005. 390 с. ISBN 5-02-032505-8.
2. Сидоров А. Ф. Избранные труды. Математика. Механика. М. : Физматлит, 2001. 576 с. ISBN 5-9221-0103-X.
3. Баутин С. П. Схлопывание одномерной полости // Прикладная математика и механика. 1982. Т. 46, вып. 1. С. 50–59.
4. Баутин С. П., Дерябин С. Л. Истечение идеального газа в вакуум // Докл. АН СССР. 1983. Т. 273. № 4. С. 817–820.
5. Дерябин С. Л. Трехмерное истечение в вакуум неоднородного движущегося газа // Динамика сплошной среды. 1984. Вып. 65. С. 56–74.
6. Дерябин С. Л. Трехмерное истечение в вакуум неоднородного движущегося газа в условиях действия внешних массовых сил // Динамика сплошной среды. 1987. Вып. 83. С. 60–71.
7. Дерябин С. Л., Чуев Н. П. Сферически-симметричное истечение самогравитирующего идеального газа в вакуум // Прикл. математика и механика. 1994. Т. 58, вып. 2. С. 77–84.
8. Дерябин С. Л. Одномерное истечение самогравитирующего идеального газа в вакуум // Вычислительные технологии. 2003. Т. 8, № 4. С. 32–44.
9. Дерябин С. Л., Чуев Н. П. Исследование трехмерных течений самогравитирующего идеального газа, непрерывно примыкающих к вакууму // Вестник УрГУПС. 2012. № 2(14). С. 4–13. ISBN 2079-0392.
10. Дерябин С. Л. Начальная эволюция закрученных газовых объемов, примыкающих к вакууму // Вычислительные технологии. 2005. Т. 10, № 1. С. 21–36.
11. Дерябин С. Л., Мезенцев А. В. Численно-аналитическое моделирование газовых течений, примыкающих к вакууму в условиях действия сил тяготения и Кориолиса // Вычислительные технологии. 2010. Т. 15, № 5. С. 51–71.
12. Баутин С. П. Торнадо и сила Кориолиса. Новосибирск : Наука, 2008. 92 с. ISBN 978-5-02-023266-2.

References

1. Bautin S. P., Deraybin S. L. Matematicheskoye modelirovaniye istecheniya idealnogo gaza v vacuum [Mathematical modeling of the expiration of an ideal gas into a vacuum]. — Novosibirsk : Nauka, 2005. — 390 p. ISBN 5-02-032505-8.
2. Sidopov A. F. Izbrannyye trudy. Matematika. Mekhanika [Selected Works. Mathematics. Mechanics]. — M. : Fizmatlit, 2001. — 576 p. ISBN 5-9221-0103-X.
3. Bautin S. P. Skhlopyvaniye odnomernoy polosti [Dimensional cavity collapse] // Prikl. matematika i mekhanika. — 1982. — T. 46, vyp. 1. — P. 50–59.
4. Bautin S. P., Deraybin S. L. Istecheniye idealnogo gaza v vacuum [Expiration of an ideal gas into a vacuum] // Dokl. AN SSSR. — 1983. — T. 273, №4. — P. 817–820.
5. Deraybin S. L. Trekhmernoye istecheniye v vakuum neodnorodnogo dvizhushchego gaza [Expiration in three-dimensional vacuum inhomogeneous moving gas] // Dinamika sploshnoy sredy. — 1984. — Vyp. 65. — P. 56–74.
6. Dearybin S. L. Trekhmernoye istecheniye v vakuum neodnorodnogo dvizhushchego gaza v usloviyakh deystviya vneshnikh massovykh sil [Expiration in three-dimensional inhomogeneous vacuum gas moving under the action of external mass forces] // Dinamika sploshnoy sredy. 1987. — Vyp. 83. — P. 60–71.
7. Deraybin S. L., Chuev N. P. Sfericheski-simmetrichnoye istecheniye samogravitiruyushchego idealnogo gaza v vacuum [Spherically symmetric outflow of self-gravitating ideal gas into a vacuum] // Prikl. matematika i mekhanika. — 1994. — T. 58, vyp. 2. — P. 77–84.
8. Deraybin S. L. Odnomernoye istecheniye samogravitiruyushchego idealnogo gaza v vacuum [Expiration of the one-dimensional self-gravitating ideal gas into a vacuum] // Vychislitelnyye tekhnologii. — 2003. — T. 8, № 4. — P. 32–44.
9. Deraybin S. L., Chuev N. P. Issledovaniye trekhmernykh techeniy samogravitiruyushchego idealnogo gaza, nepreryvno primykayushchikh k vakuumu [The study of three-dimensional self-gravitating ideal gas flows continuously adjacent to a vacuum] // Herald of USURT. — 2012. — № 2(14). — P. 4–13. ISBN 2079-0392.

10. Deraybin S.L. Nachalnaya evolyutsiya zakruchennykh gazovykh obyemov, primykayushchikh k vakuumu [The initial evolution of swirling gas volumes adjacent to a vacuum] // Vychislitelnyye tekhnologii. — 2005. — Т. 10, № 1. — P. 21–36.
11. Deraybin S.L., Mezentsev A.V. Chislenno-analiticheskoye modelirovaniye gazovykh techeniy, primykayushchikh k vakuumu v usloviyakh deystviya sil tyagoteniya i Koriolisa [Numerical and analytical modeling of gas flow adjacent to a vacuum under the action of gravity and Coriolis forces] // Vychislitelnyye tekhnologii. — 2010. — Т. 15, № 5. — P. 51–71.
12. Bautin S.P. Tornado i sila Koriolisa [Tornado and the Coriolis force]. Novosibirsk : Nauka. — 2008. — 92 p. ISBN 978-5-02-023266-2.

Статья сдана в редакцию 12 декабря 2013 года

Управление в технических системах

УДК 69.002.5

С. А. Румянцев, К. Ю. Астанков, В. А. Ермаков

Разработка методики проведения испытания вибропогружения свай с использованием бигармонических колебаний

UDC 69.002.5

S. A. Rumyantsev, K. Yu Astankov, V. A. Ermakov

Development of method for testing vibration pile driving using biharmonic vibrations

Аннотация

В статье рассмотрены принцип работы и конструкция бигармонического вибропогружателя, основанного на совместной работе двух пар дебалансов, вращающихся с разными скоростями. Неравномерность колебаний призвана повысить эффективность погружения свай и шпунта в связные грунты.

Предложена методика проведения натурных испытаний опытной установки. Рассмотрены реальные геологические условия площадки испытаний в Екатеринбурге. Разработана вся необходимая оснастка и подробное техническое руководство, а также процедуры документирования для выполнения серии опытных погружений и извлечений свайного элемента в разных режимах работы предлагаемой машины.

Ключевые слова: вибропогружение свай, двухчастотный вибропогружатель, бигармонический вибропогружатель, преодоление лобового сопротивления грунта, разупрочнение связных грунтов, неуравновешенные колебания.

Summary

The article describes the working principle and design of biharmonic vibratory pile driver based on the joint operation of two eccentric weight pairs rotating at different speeds. Uneven vibrations are designed to improve the efficiency of driving piles and sheet piling in cohesive soils.

The technique of full-scale testing of the pilot plant is proposed. Real geological conditions of the testing site in Ekaterinburg are considered. All the necessary parts and detailed technical guidance are developed, as well as documentation procedures to perform a series of experimental pile driving and extraction of piling element in different modes of operation of the proposed plant.

Keywords: vibration pile driving, dual-frequency vibratory pile driver, biharmonic vibratory pile driver, overcoming soil point resistance, softening of cohesive soils, unbalanced vibrations.

Сергей Алексеевич Румянцев, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Высшая и прикладная математика» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: srumyantsev@usurt.ru.

Константин Юрьевич Астанков – аспирант; кафедра «Мосты и транспортные тоннели» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: ast-most@yandex.ru.

Владимир Анатольевич Ермаков – инженер; главный конструктор ООО «Erde tools», Екатеринбург, Россия. E-mail: ermakov.v.a@mail.ru.

Sergey Alexeyevich Rumyantsev, DSc in Engineering, Professor; Department of Higher and Applied Mathematics, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: srumyantsev@usurt.ru.

Konstantin Yuriyevich Astankov, graduate student; Department of Bridges and Tunnels, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: ast-most@yandex.ru.

Vladimir Anatolyevich Ermakov – Engineer, General designer of Erde tools LLC, Ekaterinburg, Russia. E-mail: ermakov.v.a@mail.ru.

Применение виброметода позволяет существенно повысить производительность труда при устройстве шпунтовых ограждений и свайных фундаментов [1–5]. Однако в плотных связных грунтах эта технология из-за определенных сложностей практически не применяется. Авторами с целью повышения эффективности вибропогружения в таких грунтах выполняется разработка метода погружения свай с использованием машины, генерирующей колебания сложной формы [6].

На характер изменения свойств грунта влияет величина действующего динамического нагружения [4]. При слабых динамических воздействиях эффект вибрирования определяется упругими колебаниями системы с изменением напряженного состояния грунта около вибрирующей сваи, погружения в этом случае не происходит. При сильных же динамических воздействиях происходит разрушение структуры грунта и проскальзывание боковых поверхностей сваи по грунту. Установлено, что после того как срыв произошел, сопротивление грунта поступательному движению сваи резко снижается, и для ее погружения достаточно приложить сравнительно небольшие внешние силы [1, 7]. Боковое сопротивление становится значительно меньше статического (в два-четыре раза в глинистых грунтах, в 4,5–6 раз — в водонасыщенных песках) [4]. Экспериментально установлено, что при вибропогружении в маловлажные пески и плотные глины снижения лобового сопротивления не наблюдается [4, 7].

Механизм действия лобового сопротивления сваи в упругопластической модели представлен на рис. 1.

На участке OA происходит упругая обратимая деформация грунта (Δx_e), на участке AB — необратимое продавливание (Δx_p). Обратное движение сваи происходит по отрезкам BC (упругое восстановление грунта) и CD — подъем конца сваи над

уплотненным грунтом. Рядовой цикл движения сваи происходит по линии $D-C-B-E-F-G$. Движение по линиям DC и FG — холостой ход сваи до верхней точки цикла.

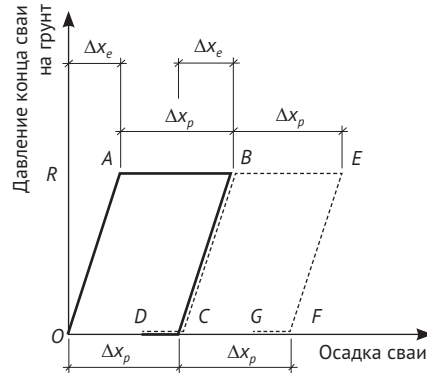


Рис. 1. Диаграмма зависимости лобового сопротивления от осадки сваи

Величина необратимого продавливания грунта Δx_p свай с массой M , имеющей в момент соприкосновения с грунтом скорость v , для упругопластической модели равна [7]:

$$\Delta x_p = \frac{1}{2} \left(\frac{Mv^2}{R} - \Delta x_e \right). \quad (1)$$

Из выражения (1) следует, что увеличение скорости движения сваи увеличивает пластическую составляющую деформации грунта. При этом уменьшение скорости движения сваи полезно было бы иметь на участках DC и GF (см. рис. 1) для сокращения затрат энергии на преодоление вязкой составляющей сопротивления движению. Поэтому интересно исследовать вопрос о возможности движения сваи не по гармоническому закону, а с различными скоростями в разных направлениях — чтобы при погружении сваи скорость ее движения вниз была бы значительно большей, чем вверх.

Разные скорости нарастания и спада напряжений, то есть различная продолжительность фаз нагружения и разгрузки может положительно

сказаться на разупрочнении связных грунтов для успешного преодоления их лобового сопротивления. Экспериментально показано усиление разупрочнения глинистых грунтов в условиях импульсной (виброударной) нагрузки по сравнению с синусоидальной с теми же основными параметрами [8].

Различные скорости нагружения и разгрузки можно реализовать при погружении сваи двухчастотной машиной, производящей негармонические колебания. Авторами рассматривается вариант движения дебалансов, исключаяющий недостатки применявшихся ранее двухчастотных вибропогружателей [3, 6]. Скорость вращения верхней пары валов должна быть вдвое меньше нижней. Начальные фазы дебалансов — различаться на $\pi/2$, статический момент верхней пары дебалансов должен быть вдвое больше нижней. При этом получим следующее соотношение вынуждающей силы для верхней и нижней пар дебалансов:

$$P_1 = 2P_2. \quad (2)$$

Закон изменения возмущающей силы примет следующий вид:

$$P = P_1 \sin(\omega t) - P_2 \sin(2\omega t), \quad (3)$$

где P_1 и P_2 — амплитуды возмущающих сил, развиваемых соответственно дебалансами верхних и нижних валов; ω — угловая частота вращения верхнего вала.

Характер возмущающей силы представлен на графике (рис. 2).

На рис. 2 хорошо видно различие промежутков T_1 и T_2 ; их отношение составляет почти 0,5, то есть скорость движения сваи вниз вдвое превосходит скорость обратного хода. Изменяя направление вращения нижней пары дебалансов, можно получить обратное соотношение скоростей: вниз — медленнее, вверх — быстрее.

Работа установки предусмотрена в трех режимах: погружение (3), извлечение (4) и классический ($T_1 = T_2$).

Схема предлагаемого авторами вибропогружателя представлена на рис. 3. Лабораторный образец установки для погружения легких свайных элементов (труба диаметром до 0,06 м) на глубину до 1,5–2 м представляет собой блок из двух пар центробежных вибровозбудителей, заключенных в едином корпусе 1 (рис. 4) [9].

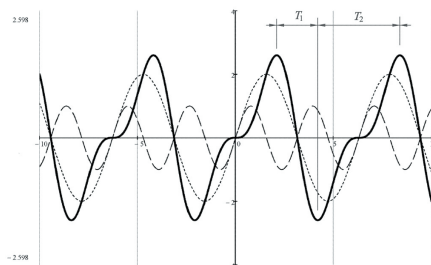


Рис. 2. График результирующей возмущающей силы измененного вибропогружателя

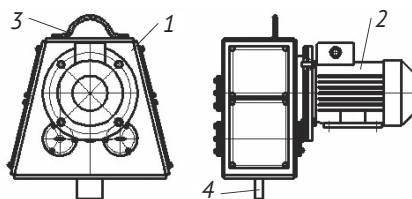


Рис. 3. Общий вид двухчастотного вибропогружателя

- 1 — корпус; 2 — электродвигатель;
- 3 — строповочное приспособление;
- 4 — кронштейн крепления сваи

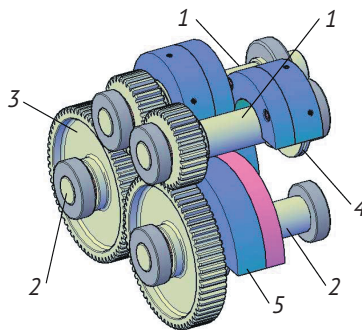


Рис. 4. Схема двухчастотного вибропогружателя

- 1 — быстходные валы; 2 — тихоходные валы;
- 3 — шестерни зубчатой передачи; 4 — универсальные диски; 5 — комплект дебалансов

Общий статический момент дебалансов составляет 1,06 Н·м. Общая масса вибратора — приблизительно 100 кг, мощность электродвигателя — 3,0 кВт, частота вращения валов 1500 и 3000 об/мин. Вынуждающая сила — 0,2 кН.

Каждый эксцентрик 5 (рис. 4) установлен на валу соответствующего электродвигателя. Кратность частот вращения дебалансов обеспечена кинематической связью, сохраняющей нужное соотношение между фазами вращения вибровозбудителей.

Предложенная конструкция двухчастотного вибропогрузателя позволяет исследовать движение сваи под действием импульсной нагрузки с разными скоростями нарастания и спада напряжений, что особенно важно для преодоления лобового сопротивления связных грунтов при вибрационном погружении и извлечении свайного элемента.

Выполнение испытаний работы вибропогрузателя предполагается выполнять по следующему плану.

1. Место проведения испытаний.

Точка проведения испытаний и параметры грунтов определены

на основании отчета о выполнении инженерно-геологических изысканий [10] на площадке производственной базы.

Точка испытаний представляет собой котлован, центр которого совпадает с точкой выработки № 33 [10]. Координаты центра котлована: N49841, E34903 в местной системе координат.

2. Характеристики грунтов.

С поверхности площадка перекрыта слоем имеющего крайне неоднородный состав насыпного грунта (смесь суглинков, щебня, строительного мусора).

Нижележащие слои представлены торфом, суглинком и глинами, далее, на глубинах более 3 м — туфами порфиритов. В точке испытания на месте выработки № 33 слой торфа отсутствует, толщина слоя насыпного грунта (ИГЭ 1) составляет 1,5 м (верх — на отг. 250 м, низ — на отг. 248,5 м), суглинка (ИГЭ 3) — 1,5 м. Туфы порфиритов ИГЭ 5 (рухляки) встречены с отметки 247 м. Инженерно-геологический разрез площадки в месте испытания представлен на рис. 5, описание инженерно-геологических элементов представленного разреза — на рис. 6.

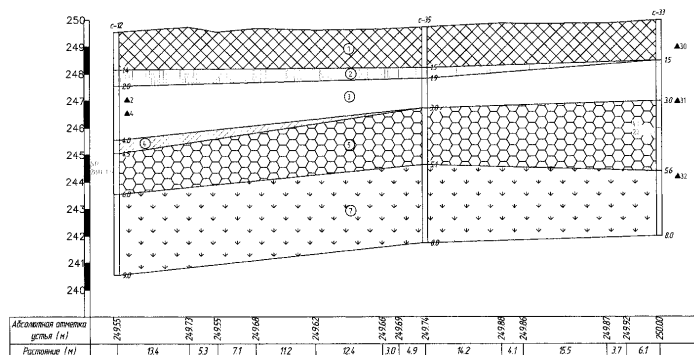


Рис. 5. Геологический разрез в точке проведения испытаний

- ① — насыпной грунт: щебень, суглинок, глыбовый материал;
- ② — торф черный средне- и сильноразложившийся осушенный и маловлажный;
- ③ — суглинок и глина озерно-болотные серого цвета от мертвой до тугопластичной консистенции, на отдельных участках с примесью органических веществ и тонкими линзами песка;
- ④ — суглинок зловлиальный зеленый твердой и полутвердой консистенции, на отдельных участках щебенистый (обломков до 25%), сохранивший структуру коренных пород;
- ⑤ — туфы порфиритов пониженной прочности сильновыветрелые, сильнотрещиноватые;
- ⑥ — туфы порфиритов малопрочные, выветрелые, сильнотрещиноватые;
- ⑦ — туфы порфиритов средней прочности и прочные, слабовыветрелые, трещиноватые

Рис. 6. Описание элементов геологического разреза

Исследуемый грунт ИГЭ 3 — суглинки и глина озерно-болотные, серого цвета, от твердой до тугопластичной консистенции на отдельных участках с примесью органических веществ и тонкими линзами песка. Грунт образует сплошной слой мощностью 0,4–2,0 м [11].

Характеристики исследуемого грунта приведены в таблице 1.

3. Подготовка рабочей площадки.

Снять слой насыпного грунта.

Размер котлована — 5,2×5 м. Размер рабочей зоны проведения испытаний составляет 2,5×2,5 м. Отметка низа котлована — 248,0 м.

Уровень грунтовых вод по состоянию на 22.05.2008–246,0 м [11]. Укрепить дно котлована щебнем фракции 0–40 мм слоем толщиной 80–100 мм. В каждой точке испытания перед установкой сваи необходимо очистить место установки до поверхности суглинка. После извлечения сваи место испытания нужно засыпать щебнем.

Копер изготавливают по схеме, представленной на рис. 7. Копер должен быть оборудован барабанной лебедкой грузоподъемностью не менее 300 кг для подъема и опускания установки.

Таблица 1

Свойства	Пределы изменения	Среднее значение
Природная влажность W , дол. ед.	0,190–0,320	0,2499
Влажность на границе текучести W_L , дол. ед.	0,270–0,491	0,3685
Влажность на границе раскатывания W_P , дол. ед.	0,150–0,329	0,2227
Число пластичности J_P , дол. ед.	0,074–0,255	0,1457
Показатель консистенции J_L , дол. ед.	0–0,429	0,1532
Плотность грунта ρ , г/см ³	1,86–2,18	2,015
Плотность частиц ρ_s , г/см	2,63–2,91	2,786
Пористость n , %	36,3–49,2	42,1
Коэффициент пористости, e	0,570–0,970	0,728
Удельное сцепление C , МПа	0,013–0,037	0,0275
Угол внутреннего трения φ , °	20–33	25

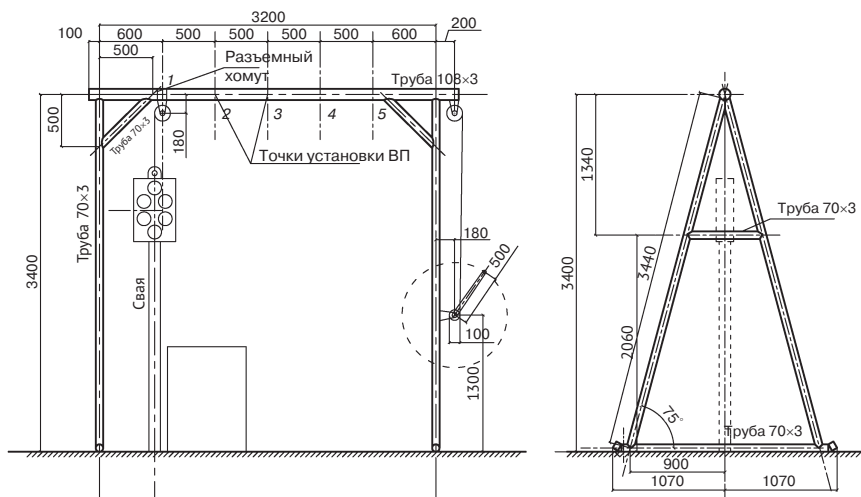


Рис. 7. Схема устройства копра

Копёр устанавливают на подготовленную площадку в соответствии со схемой на рис. 8.

Для каждого испытания предполагается одна точка установки. Расстояние между смежными точками составляет 500 мм. При проведении серии испытаний в одном режиме перестановка копра не нужна, перемещение вибропогружателя на следующую точку производится по ригелю копра. Для проведения серии испытаний в другом режиме необходимо перемещение копра на следующий ряд.

4. Проведение испытаний.

В качестве свайного элемента для погружения используется стальная горячекатаная труба $\text{Ø}57 \times 4$ по ГОСТ 8732–78 длиной 2 м (масса 10 кг). Предусматривается наличие трубы $\text{Ø}32 \times 3$ ГОСТ 8732–78 длиной 1,5 м (масса 3 кг).

До начала работ на предназначенную для погружения часть сваи несмываемой краской наносится шкала

на длине 1 метр с шагом делений 10 мм. После разметки свая крепится к вибропогружателю и устанавливается на копёр.

Перед включением установки свая должна быть оперта на грунт. Вертикальность сваи контролируют строительным отвесом или пузырьковым уровнем.

После включения установки через каждые 10 с фиксируется длина участка сваи, погруженного в грунт. В случае, если в начальный момент после включения погружение сваи не происходит, следует зафиксировать время до начала движения сваи. Если в течение трех минут после включения установки погружение сваи не начинается, опыт прекращается.

В каждом режиме проводятся серии по пять измерений.

Для исключения погрешности измерений, связанных с изменением отметки поверхности грунта, окружающего сваю, перед началом и после окончания каждого опыта при

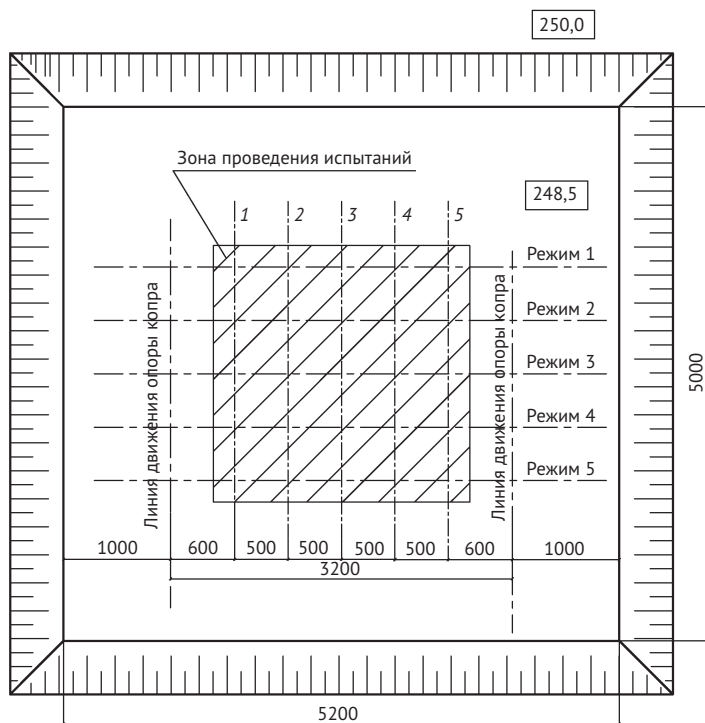


Рис. 8. Схема устройства котлована

остановленной установке следует зафиксировать с помощью нивелира отметку верха сваи.

Извлечение сваи производится в том же режиме, что и погружение. Названия режимов условны; истинная эффективность режимов должна быть изучена в сравнении с работой установки в разных режимах.

Результаты изменений фиксируются в журнале (таблица 2).

Обработка данных акселерометра, фото- и видеосъемки производится в камеральных условиях.

Перечень необходимого оборудования представлен в таблице 3, измерительной и документирующей аппаратуры – в таблице 4. ■

Таблица 2

Режим 1 (погружение)										
Номер измерения	1		2		3		4		5	
	время, с	отсчет, мм	время, с	отсчет, мм	время, с	отсчет, мм	время, с	отсчет, мм	время, с	отсчет, мм
Начальные параметры	0		0		0		0		0	
Конечные параметры										
Промежуточные отсчеты (по шкале на свае)										
1	10		10		10		10		10	
2	20		20		20		20		20	
3	30		30		30		30		30	
...										
17	170		170		170		170		170	
18	180		180		180		180		180	
Отметка верха сваи, м										
перед пуском вибропогружателя										
после остановки вибропогружателя										

Таблица 3

№ п/п	Наименование
1	Копёр индивидуальной конструкции
2	Лебедка ручная барабанная, г/п не менее 300 кг
3	Динамометр, 30 кгс, виброустойчивый
4	Труба стальная Ø 57×4, 2 м
5	Труба стальная Ø 32×3, 2 м
6	Стержень стальной круглый Ø 20, 2 м
7	Лестница-стремянка
8	Лопата совковая

Таблица 4

№ п/п	Наименование
1	Нивелир с рейкой
2	Линейка, 50 см
3	Фотоаппарат
4	Видеокамера на штативе
5	Секундомер
6	Акселерометр цифровой для $a_{max} = \pm 10g$
7	Ноутбук
8	Лазерный уровень
9	Отвес строительный

Литература

1. Баркан Д. Д. Виброметод в строительстве. М. : Госстройиздат, 1959. 315 с.
2. Ерофеев Л. В. Вибрационные и виброударные машины для погружения свай. М. : НИИинфстройдоркоммунмаш, 1966. 93 с.
3. Савинов О. А. Вибрационная техника в строительстве. Л. : Ленинградский дом научно-технической пропаганды, 1961. 35 с.

4. Цейтлин М. Г., Верстов В. В., Азбель Г. Г. Вибрационная техника и технология в свайных и буровых работах. Л. : Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1987. 262 с.
5. Азбель Г. Г., Савинов О. А., Цейтлин М. Г. Вибрационные машины для погружения свай, шпунта и для геологического бурения. Вибрация в технике : справочник. Вибрационные процессы и машины. М. : Машиностроение, 1981.
6. Румянцев С. А., Астанков К. Ю. Повышение эффективности преодоления лобового сопротивления связных грунтов при вибропогружении свай // Вестник УрГУПС. 2012. № 4. С 82–90. ISSN 2079-0392.
7. Савинов О. А., Лускин А. Я. Вибрационный метод погружения свай и его применение в строительстве. Л. : Госстройиздат, 1960. 251 с.
8. Вознесенский Е. А. Поведение грунтов при динамических нагрузках : учебное пособие. М. : Изд-во МГУ, 1997. 287 с.
9. Ермаков В. А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации ВПА-1.00.000 ТО. Екатеринбург, 2013. 12 с.
10. Чукреев В. И. Отчет по выполнению инженерно-геологических буровых скважин с целью определения несущих свойств грунтов для строительства на объекте заказчика в г. Екатеринбург Свердловской области. Екатеринбург, 2008. 46 с.

References

1. Barkan D. D. Vibrometod v stroitelstve. [Vibration method in construction] M. : Gosstroyizdat, 1959. 315 p.
2. Erofeev L. V. Vibratsionnye i vibroudarnye mashiny dlya pogruzheniya svay. [Vibration and vibro-impact machines for piling] M. : NIInfstroydorkommunmash, 1966. 93 p.
3. Savinov O. A. Vibratsionnaya tekhnika v stroitelstve. [Vibration machinery in construction] L. : Leningradskiy dom nauchno-tekhnicheskoy propagandy, 1961. 35 p.
4. Tseytlin M. G., Verstov V. V., Azbel G. G. Vibratsionnaya tekhnika i tekhnologiya v svaynykh i burovyykh rabotakh. [Vibration machinery and technology in piling and drilling operations] L. : Stroyizdat, Leningr. otd-nie, 1987. 262 p.
5. Azbel G. G., Savinov O. A., Tseytlin M. G. Vibratsionnye mashiny dlya pogruzheniya svay, shpunta i dlya geologicheskogo bureniya. Vibratsiya v tekhnike: spravochnik. Vibratsionnye protsessy i mashiny. [Vibratory equipment for driving piles, sheet piling and geological drilling. Vibration in machinery: a handbook. Vibrating machines and processes] M. : Mashinostroenie, 1981.
6. Rumyantsev S. A., Astankov K. Yu. Povyshenie effektivnosti preodoleniya lobovogo soprotivleniya svyaznykh gruntov pri vibropogruzhenii svay [Increased effectiveness in overcoming point resistance of cohesive soils in vibration pile driving] // Herald of the USURT. 2012. No. 4. P 82–90. ISSN 2079-0392.
7. Savinov O. A., Luskin A. Ya. Vibratsionnyy metod pogruzheniya svay i ego primeneniye v stroitelstve. [Vibratory piling method and its application in construction industry] L. : Gosstroyizdat, 1960. 251 p.
8. Voznesenskiy E. A. Povedeniye gruntov pri dinamicheskikh nagruzkakh : uchebnoye posobie. [Soil behavior under dynamic loading: a handbook] M. : Izd-vo MGU, 1997. 287 p.
9. Ermakov V. A. Tekhnicheskoye opisaniye i instruktsiya po ekspluatatsii VPA-1.00.000 TO. [Technical description and user manual of WPA-1.00.000 TO] Ekaterinburg, 2013. 12 p.
10. Chukreev V. I. Otchyot po vypolneniyu inzhenerno-geologicheskikh burovyykh skvazhin s tselyu opredeleniya nesushchikh svoystv gruntov dlya stroitelstva na obyekte zakazchika v g. Ekaterinburg Sverdlovskoy oblasti. [Report on drilling exploratory boreholes to determine bearing properties of soils for construction at customer site in Ekaterinburg, Sverdlovsk Region.] Ekaterinburg, 2008. 46 p.

Статья сдана в редакцию 8 декабря 2013 года

Организация и логистика

УДК 338.27

И. В. Воскресенский, Т. П. Воскресенская

Россия и всемирная сухопутная транспортная сеть

UDC 338.27

I. V. Voskresenskiy, T. P. Voskresenskaya

Russia and the world land transport network

Аннотация

Идея создания единого транспортного пространства в мирохозяйственных связях впервые была озвучена Союзом тихоокеанских дорог («План Харримана») в 1890 году, однако этот проект не нашел по ряду объективных причин реализации и не был поддержан Россией. В настоящее время прогресс в науке и технике создали техническую базу для разработки и воплощения глобальных проектов мирового масштаба, в том числе трансконтинентальной магистрали Евразия — Америка через Берингов пролив как основного звена всемирной сухопутной транспортной сети.

Строительство магистрали — сложнейшая инженерная задача, т.к. она должна представлять собой политранспортный коридор, объединяющим скоростную железную дорогу, автодорогу, линии электропередачи и связи. Кроме того, реализация данного проекта — мегалогистическая проблема, определяющая многие стороны развития мирохозяйственной экономики, стратегических, социально-экономических, транспортно-коммуникативных, технических, технологических, энергетических и демографических процессов.

Проект капиталоемкий, его окупаемость может быть достигнута только при условии поэтапного ввода в эксплуатацию отдельных составляющих его участков с получением доходов. Приоритетное строительство автомобильных дорог позволяет решить эту задачу, т.к. они обеспечивают наиболее интенсивный товарооборот и непосредственно связаны со скоростью экономических процессов в развивающихся регионах; конкретные «очертания» магистрали еще не определены, но ясно, что приоритетная последовательность формирования во многом определит ее экономическую эффективность, окупаемость и конкурентоспособность.

Ключевые слова: трансконтинентальная магистраль, стратегия развития железнодорожного транспорта, автомобильный транспорт, Берингов пролив, экономическая эффективность, конкурентоспособность.

Summary

The idea of creating a single transport space in world economic relations for the first time was proposed by Pacific Roads Union («Harriman Plan») in 1890; however, the project was not implemented for a number of objective reasons and was not supported by Russia. Currently, progress in science and technology has created the technical basis for the development and implementation of global worldwide projects, including transcontinental highway Eurasia — America through the Bering Strait as the principal component of global land transport network.

Construction of highways is complex engineering challenge, as it should be a polytransport corridor uniting high-speed railway, highway, power lines and communication lines. In addition, implementation of this project is a major logistics problem, determining many aspects of world economic development, including economic, strategic, socio-economic, transport and communications, technical, engineering, energy and demographic processes.

The project is capital-intensive; payback can be achieved only subject to phased commissioning of individual components of its sections to obtain income. Priority construction of highway allows to solve this problem, because they provide the most intense exchange of goods and are directly related to the speed of economic processes in developing regions; specific «outlines» of the highway have not yet been determined, but it is clear that the priority sequence of its development will largely determine its economic efficiency, return on investment and competitiveness.

Keywords: transcontinental highway, railway transport development strategy, road transport, the Bering Strait, economic efficiency, competitiveness.

Игорь Владимирович Воскресенский, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Организация перевозок и управление на транспорте» Сибирского государственного индустриального университета; Новокузнецк, Россия. E-mail: wwti@mail.ru.

Тамара Петровна Воскресенская, д-р техн. наук, профессор; заведующая кафедрой «Организация перевозок и управление на транспорте» Сибирского государственного индустриального университета; Новокузнецк, Россия. E-mail: wwti@mail.ru.

Igor Vladimirovich Voskresenskiy, PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Transport management and administration, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia. E-mail: wwti@mail.ru.

Tamara Petrovna Voskresenskaya, DSc in Engineering, Professor; Head of the Department of Transport management and administration, Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia. E-mail: wwti@mail.ru.

Идеи создания единого транспортного пространства все чаще выдвигаются в Европейском экономическом сообществе, в Сообществе Центральноазиатских государств и поддерживаются Россией, но реализация проектов по созданию единого транспортного пространства носит в настоящее время фрагментарный характер (Европейская система транспортных коридоров) и не приносит пока ожидаемого эффекта.

Накопленный в течение XX в. опыт строительства крупных транспортных магистралей, прогресс в науке и технике создали техническую базу для разработки и воплощения глобальных проектов мирового масштаба с мобилизацией ресурсов одного или группы государств, в том числе Всемирной сухопутной транспортной сети, т.е. соединения Евроазиатского континента с Северной Америкой через Берингов пролив.

Идея поддержана Союзом тихоокеанских дорог США и вошла в «План Харримана» еще в 1890 году. Проект предусматривал передачу американской стороне в полную собственность на 90 лет территории вдоль железной дороги шириной около 26 км от Якутска до Берингова пролива. Однако 20 марта 1907 года Совет Министров России постановляет отклонить проект.

В 1891–1916 гг. Россия построила Транссибирскую железнодорожную магистраль — крупнейшую железнодорожную трассу в мире длиной 9 тыс. км. Россия решила свои задачи как в части стратегической — определила и закрепила границу с Китаем, так и в части торгово-хозяйственной — обеспечила устойчивый выход к торговым путям восточного побережья.

Другая часть проблемы — освоение дальневосточных и северовосточных частей России остались нерешенной, но и американская хозяйственная экспансия в данных районах не допущена. В апреле 1918 г.

В. И. Ульянов-Ленин утвердил решение о строительстве железных дорог в восточных и северных частях РСФСР, в том числе к Берингову проливу с целью освоения природных ресурсов. Проект реализован не был, доступ к богатейшим природным ресурсам Дальнего Востока (за исключением южных территорий) остался нереализованным.

Столетие, прошедшее со времени появления идеи о создании Всемирной транспортной сети (современное название — Трансконтинентальная магистраль Евразия — Америка через Берингов пролив), безусловно, изменило техническое оснащение всех видов транспорта, которое теоретически способно решить поставленную задачу, но появились мегалогистические концепции, призванные решать задачу с конца: 1) каким образом обеспечить формирование объема транспортных услуг, обеспечивающее, по оценкам экспертов, до 10 млрд долл. прибыли и каково будет распределение этой прибыли? 2) каким образом обеспечить окупаемость проекта в условиях неопределенности влияния реализации проекта на экономическое развитие территорий в зоне тяготения магистрали, если его стоимость непомерно велика? 3) какова стадийность формирования трансконтинентальной магистрали и ее инфраструктуры? По оценке внешних экспертов, стоимость строительства (прямые затраты) составляет 30–35 млрд долл., и это очень оптимистичный прогноз, реальная стоимость может многократно превышать эту сумму.

Согласно стратегии развития железнодорожного транспорта в России до 2030 г. [1], объем инвестиций составит около 13,7 трлн руб.; будет построено более 20 тыс. км новых железнодорожных путей, включая, естественно, и Трансконтинентальную магистраль Евразия — Америка через Берингов пролив.

Окупаемость построенных железнодорожных путей может быть обеспечена только привлечением новых объемов грузов (с привлечением пассажиропотоков неопределенность еще больше, чем с прогнозами по объемам перевозок грузов), однако динамика роста объемов перевозок очень вялая: 2000 год — 1046,7 млрд т грузов; 2003 г. — практически тот же объем; через десять лет (2010 г.) — 1047 млн т, в 2011 г. железнодорожные перевозки несколько оживились: перевезено 1241,6 млн т грузов. По экспертной оценке, прогнозный объем погрузки на железнодорожном транспорте в 2013 г. может составить 1280,3 млн т (+0,7% к уровню 2012 г.) [2].

Приведенная динамика роста объемов перевозок на железнодорожном транспорте не внушает оптимизма относительно окупаемости строительства трансконтинентальной магистрали.

Идея соединить европейскую часть в России (СССР) с ее северовосточными районами была предпринята в 1943–1953 гг. Реализуется проект строительства железнодорожной магистрали от Воркуты до Анадыря. Было построено около 1700 км. Большинство участков находятся за тысячи км от Берингова пролива и в настоящее время заброшены. Сейчас трудно сказать, какие предпосылки были положены в обоснование данного проекта, потому что с логистических позиций эта магистраль не могла быть стратегической (далеко от всех границ и морских и сухопутных), не могла иметь большого хозяйственного значения из-за низкой плотности населения и отсутствия корреспондирующих хозяйствующих объектов, а по сложности трассы (заболоченные низменности, вечная мерзлота, горные районы, огромное количество водных препятствий с характерными весенними паводками и т.д.) практически нереализуемой даже при наличии современной тех-

ники. Если основной предпосылкой проекта было снабжение северных городов продовольственными и энергетическими и другими ресурсами, то при появлении ледокольного морского флота проблема была решена со значительно меньшими экономическими, технологическими и трудовыми ресурсами, иначе говоря, сухопутная магистраль оказалась неконкурентоспособной по сравнению с морскими путями.

Строительство пионерных магистральных дорог повышает риски ошибок, связанных с экспоненциально возрастающей неопределенностью результатов крупномасштабных и сложных межстрановых железнодорожных проектов. Примером неэффективного межстранового проекта-связки является, как выяснилось, проект Евротоннеля между Францией и Англией под проливом Ла-Манш. Проект, капитальные затраты по которому составили 14 млрд евро при продолжительности строительства 15 лет, оказался устойчиво убыточным, и ставится вопрос о закрытии построенного тоннеля.

Еще пример. Реализация проекта крупномасштабной Байкало-Амурской железнодорожной магистрали (БАМ) привела к отрицательным экономическим результатам: железная дорога, строительство которой обошлось государству ориентировочно в 12 млрд долл., в настоящее время является малодеятельной и приносит ежегодно убытки в 2,6 млрд руб., а военно-стратегические цели, достижение которых было приоритетным, оказались ошибочными [3].

Среди критических замечаний в отношении своевременности строительства и экономической эффективности Трансконтинентальной магистрали Евразия — Америка через Берингов пролив важным моментом является недозагруженность Транссиба и БАМа, невысокая конкурентоспособность этих путей по сравнению с морскими перевозками, надежды

на коммерциализацию российских железных дорог также несостоятельны, т.к. главная задача при перевозках — получение прибыли, что не может быть определено ни в настоящее время, ни в ближайшем будущем. К проблемам строительства Трансконтинентальной магистрали можно отнести и разницу в ширине колеи: 1520 мм на территории России и 1435 мм в Северной Америке, что делает невозможным сквозное движение поездов между континентами без перестановки составов.

В дискуссии по строительству трансконтинентальной железнодорожной магистрали Правая Лена — Зырянка — Уэлен с выходом к Беринговому проливу как ключевого элемента проекта ICL-World Link на территории России очень неуверенно представлен автомобильный вариант.

Возражения против автомобильного варианта в дискуссии примитивны: необходимость строительства тысячекилометровой отрезка трассы «Кольма»; осложнения в том, что грузовики американского типа не смогут курсировать в Европу из-за ограничения по максимально допустимой длине автопоездов. Это совсем незначительное осложнение на фоне предсказываемой эффективности, потому что у автопоездов широкий типоразмерный ряд как по грузоподъемности, так и по длине поезда, и выбрать из него подходящие автопоезда — это дела министров транспорта корреспондирующих стран.

В августе 2011 года на Международной конференции «Трансконтинентальная магистраль Евразия — Америка» модератор конференции В. Разбегин [4] отметил, что нынешний вариант проекта предусматривает создание полимагистрали, объединяющим в едином коридоре скоростную железную дорогу, автодорогу, линию электропередачи и линии связи, стоимость проекта оценена в совершенно мизерную сумму — всего в 30–35 млрд долл.

Транспортный фактор, приобретающий все большее значение в международном товарообмене зависит как от количественных, так и от качественных показателей внешнеэкономических связей. Включение в систему не одного, а нескольких видов транспорта увеличивает преимущества Всемирной транспортной системы, не исключая конкуренцию внутри системы.

Трансконтинентальная магистраль действительно должна быть политранспортной, но важным остается вопрос: какова последовательность формирования этой магистрали? Иначе говоря, какой дороге — железной или автомобильной — будет отдан приоритет по срокам и объемам строительства?

Решение этого вопроса должно быть тщательно взвешено, т.к. речь идет не только и даже не столько о сухопутной мировой транспортной системе, сколько о важнейшей проблеме России — обеспечение трудовыми ресурсами (и общего заселения) районов тяготения Трансконтинентальной магистрали. Вопрос стратегический, государственной важности, потому что интерес к освоению природных богатств Дальнего Востока имеют многие крупнейшие страны, включая США и Китай.

Сравнение альтернативных видов транспорта при неопределенности объемов перевозок определяется внешними факторами, среди которых: природные условия в районе проложения трассы, наличие трудовых ресурсов, влияние транспортной сети на развитие хозяйственной деятельности регионов в зоне тяготения дорог и т.д. В последнее время при принятии решения большую роль имеет логистика цепей поставок, дистрибуция через распределительно-накопительные терминалы с учетом их политранспортного обслуживания, источники финансирования, конъюнктура рынка транспортных услуг, включая местные перевозки, и т.д.

Анализ внешних факторов с точки зрения наиболее предпочтительного вида транспорта при строительстве дорог и освоения перевозок в зоне тяготения магистрали приводит к следующим выводам.

1. Природные условия: более 3/4 территории района имеет горный рельеф, на большей части территории распространены многолетнемерзлые горные породы. Для обеспечения прочности дорог необходимо основание насыпи сохранять в мерзлом состоянии или допускать оттаивание основания на расчетную глубину исходя из допустимой осадки. По первому варианту высота насыпи должна быть 2,5–3,5 м, по второму — осадка насыпи должна контролироваться, что представляет собой очень сложную задачу и на автомобильных, и на железнодорожных путях. Преимущества автомобильной дороги по отношению к железнодорожному пути: на горных дорогах допустимы большие продольные уклоны, следовательно, меньшая протяженность; повышенные осадки полотна в период кратковременного оттаивания основания снижают проезжаемость и скорость движения по дороге, но не вызывают полного прекращения движения; высокая ремонтпригодность дороги; стадийность возведения дорожной одежды по мере нарастания объемов перевозок, возможность устройства объездов по временным дорогам, возможность ввода в эксплуатацию отдельных участков, в том числе и в сочетании с зимниками.

2. Трудовые ресурсы в зоне проложения магистрали. Плотность населения исключительно низкая. Увеличение плотности населения возможно только при приоритетном строительстве автомобильных дорог — они обеспечивают наиболее интенсивный товарообмен и непосредственно связаны со скоростью экономических процессов в развивающихся регионах.

3. Автотранспортная инфраструктура менее капиталоемка, чем железнодорожная, ее развитие быстрее приспособляется к конъюнктуре транспортных услуг и синергетически перестраивается в зависимости от них. Кроме того, автомобильная дорога при ее приоритетном строительстве обеспечит снабжение материалами и техникой последующее строительство железнодорожного пути.

4. Скорость доставки грузов автомобильным транспортом 400–500 км/сут и практически не зависит от партионности, средняя скорость повагонной отправки — около 230 км/сут, мелкой отправки — в два раза меньше. В регионах с неразвитой складской инфраструктурой маршрутные и даже повагонные отправки невыгодны; автомобильные перевозки позволяют партионность поставок согласовывать с интенсивностью производственного и потребительского потребления и до минимума сокращать емкости складов, соответственно и расходов на них.

5. В среднесрочной перспективе на железнодорожный транспорт усилится конкурентное давление со стороны автомобильного (и трубопроводного) транспорта. В прошедшем году предприятия автотранспорта вели агрессивную политику по привлечению грузов, которые ранее перевозились железнодорожным транспортом. В результате средняя дальность коммерческих перевозок автотранспортом возросла с менее 65 до 75,4 км, а максимальное расстояние перевозки массовой транспортировки импортных грузов достигло 2,7 тыс. км (расстояние по автодороге от Санкт-Петербурга до Тюмени) [2]. По итогам 2012 года коммерческие перевозки автомобильным транспортом вышли на 1693 млн т. Ключевыми факторами конкурентоспособности автомобильного транспорта является гибкость ценообразования и географии перевозок, новая техника и технология перевозочного

процесса, а также интеграция разных видов транспорта при перевозке.

6. Строительство автомобильных дорог может быть начато одновременно в большом количестве грузообразующих городов и поселков по генеральной схеме их соединения в направлении политранспортной магистрали, зарождающиеся узлы автомобильных дорог в дальнейшем могут стать основой сети логистических сборно-распределительных терминалов, обслуживающих магистральную и местную составляющую перевозок, обеспечивающую скорость экономических процессов регионов [5].

Таким образом, Трансконтинентальная магистраль Евразия — Америка через Берингов пролив должна

формироваться с учетом стадийного развития в такой последовательности, которая позволяла бы создать основу для строительства железной дороги, включая демографические и экономические аспекты, а также конкурентоспособность в обслуживанию грузопотоков по сравнению с ныне осуществляемыми морскими перевозками между Дальневосточными регионами России и Северной Америкой.

Россия и заинтересованные страны-партнеры Трансконтинентальную магистраль все-таки построят, но время и цена реализации проекта в значительной мере будет зависеть от стратегии формирования ее политранспортной инфраструктуры. ■

Литература

1. Соколов М. Ю. О проекте государственной программы Российской Федерации «Развитие транспортной системы» // Промышленный транспорт XXI век. № 5–6. С. 4–7.
2. Рынок перевозок: перспективы и реалии. URL: <http://rbcdaily.ru/> (дата обращения: 15.10.2013).
3. Системный анализ ожидаемой эффективности крупномасштабных инвестиционных проектов на железнодорожном транспорте : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. К. Л. Комарова. Новосибирск : Изд-во СГУПС, 2007. 156 с. ISBN 5-93461-312-X.
4. Официальный информационный портал Республики Саха (Якутия) URL: <http://www.sakha.gov.ru/node/44411> (дата обращения: 3.11.2013).
5. Воскресенская Т. П., Комаров К. Л., Пахомова Г. Ф., Пахомов К. А., Покровская О. Д. Логистическая интеграция и координация сибирских регионов в контексте Стратегии–2030 // Железнодорожный транспорт. № 3. 2010. С. 57–61. ISSN 0044-4443.

References

1. Sokolov M. Yu. O proekte gosudarstvennoy programmy Rossiyskoy Federatsii «Razvitiye transportnoy sistemy» [About draft state program of the Russian Federation «Development of transport system»] // Promyshlenny transport XXI vek. № 5–6. P. 4–7.
2. Ryнок perevozok: perspektivy i realii. [Transportation market: Prospects and Realities.] URL: <http://rbcdaily.ru/> (date accessed: 15.10.2013).
3. Sistemniy analiz ozhidaemoy effektivnosti krupnomasshtabnykh investitsionnykh proyektov na zheleznodorozhnom transporte : ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy [System analysis of expected effectiveness of large-scale investment projects in rail transport : a textbook for universities] / pod red. K. L. Komarova. Novosibirsk : Izd-vo SGUPSa, 2007. 156 p. ISBN 5-93461-312-Kh.
4. Official Information Portal of the Republic of Sakha (Yakutia) URL: <http://www.sakha.gov.ru/node/44411> (date accessed: 3.11.2013).
5. Voskresenskaya T. P., Komarov K. L., Pakhomova G. F., Pakhomov K. A., Pokrovskaya O. D. Logisticheskaya integratsiya i koordinatsiya sibirskikh regionov v kontekste Strategii–2030 [Logistics integration and coordination of Siberian regions in the context of the Strategy-2030] // Zheleznodorozhny transport. № 3. 2010. P. 57–61. ISSN 0044-4443.

Статья сдана в редакцию 29 ноября 2013 года

Организация образовательного процесса

УДК 37.014.54

В. А. Антропов

Проблемы развития российского профессионального образования

UDC 37.014.54

V. A. Antropov

Problems of development of Russian vocational education

Аннотация

Анализ материалов ряда научных конференций по проблемам образования позволил вычлениить ряд острых вопросов, касающихся дальнейшего развития российского профессионального образования.

Среди них наиболее актуальны: несоответствие требований экономики качеству подготовки кадров для ее инновационного развития; реализация двухуровневой системы подготовки «бакалавриат — магистратура» в аспекте введения прикладного и академического бакалавриата; неразработанность технологий обучения в магистратуре и аспирантуре как в вузе, так и академических институтах.

Анализ выявленных проблем указывает на необходимость разработки целостной многоуровневой системы профессионального образования, учитывающей понимание миссии и цели образования, использования современных обучающих технологий на базе активного внедрения систем менеджмента качества и социально-экономической оценки его функционирования.

Ключевые слова: профессиональное образование, качество обучения, бакалавр, магистр, аспирантура.

Summary

Analysis of proceedings of a number of scientific conferences on education issues allowed isolating a number of urgent issues related to further development of Russian vocational education.

Among the most relevant are: nonconformance of economy demand to the quality of specialists training for its innovative development, implementation of two-level training system «Bachelor — Master» in terms of introduction of applied and academic Bachelor's programmes; undeveloped training technologies in graduate and postgraduate studies, both in university and in academic institutions.

The problem analysis indicates the need to develop a holistic multi-level vocational education system, taking into account understanding of the mission and goal of education, the use of advanced learning technologies based on the active implementation of quality management systems and socio-economic assessment of its operation.

Keywords: vocational education, quality of education, Bachelor, Master, Graduate.

Владимир Алексеевич Антропов, д-р экон. наук, профессор; кафедра «Управление в социальных и экономических системах» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: antrvl@list.ru.

Vladimir Alexeyevich Antropov, DSc in Economics. Professor; Department of Management in Social and Economic Systems. Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: antrvl@list.ru.

Можно много говорить о достоинствах и недостатках современной российской системы профессионального образования. Когда-то она была одной из лучших в мире, и сейчас мы пользуемся ее остатками, не до конца вытесненными Болонским процессом и другими новациями (модернизацией, реформированием, трансформацией и т.д.).

Работающие в образовательной системе администраторы и педагоги пытаются понять и использовать то положительное, которое несут в себе новые реформы, законы, методики и другие судьбоносные документы [1–4], стараются усидеть на двух стульях: на старом советском опыте и внедряемых новациях. Насколько возможно их объединение? Например, Китай и некоторые другие страны бывшего социалистического лагеря поступили просто: отказались от советской образовательной системы и перешли на Болонский процесс.

Это один уже работающий вариант функционирования образовательной системы. В нем есть свои достоинства. Одно из них заключается в чистоте эксперимента, т.к. сложившаяся ситуация выпуска специалистов из «обеих систем» позволит провести сравнительный анализ их эффективности: как было и что стало. Только вот не упустили бы эту возможность исследователи сферы экономики профессионального образования.

Есть и другой (помимо Болонского) вариант — конвергенция, взаимное движение навстречу друг другу. На этом пути возможно спасение лучшего из старой системы и использование существующего современного и несомненно эффективного нового. На той развилке, в которой мы все еще находимся, это вполне можно сделать, точка невозврата для образования еще не пройдена.

Но это можно сделать лишь при одном условии: объективная оценка ситуации, выявление сильных и слабых сторон обеих образовательных си-

стем (а не поклонение той или другой в зависимости от обстоятельств и конъюнктуры).

Осенью 2013 года несколько конференций различного уровня (VIII Международная конференция «Математическое моделирование в образовании, науке и производстве» в Приднестровском государственном университете им. Т.Г. Шевченко, г. Тирасполь; XVIII Международная научно-практическая конференция «Инновация–2013» в Ташкентском государственном техническом университете им. Беруни; VI Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные процессы в образовании: стратегия, теория и практика развития» в Екатеринбурге), где прямо или косвенно (как без этого!) обсуждались проблемы профессионального образования.

Итак, проблемы...

1. Профессиональные образовательные учреждения готовят не тех специалистов, кто нужен производству; нет выстроенной логической цепочки «студент — будущее рабочее место».

Одна из главнейших функций профессионального образования — подготовка кадров для нужд производства «здесь и теперь», нужного количества и качества, в заданные сроки. Она в полной мере не реализуется. Ушел уровень начального профессионального образования (НПО), свернута подготовка инженеров, бакалавров не ждут на производстве (нужно их обязательное доучивание), а если готовы принять, то только на должность техника, резко не хватает мастеровитых рабочих рук (причины аварий и катастроф во многом определяются человеческим фактором).

В этой ситуации предприятия вынуждены вахтовым методом завозить рабочих, создавать собственные обучающие (ресурсные) центры. Крупными предприятиями создаются системы внутрифирменного обучения,

корпоративные университеты (Норильский никель, Уралвагонзавод, УГМК) и другие обучающие структуры.

В последнее время ситуация стала меняться к лучшему. Создаются центры квалификаций, развивается сеть дополнительного профессионального образования, активнее стал идти интеграционный процесс взаимодействия профессиональных образовательных учреждений с предприятиями (создание НОЦ, кафедр на производстве и т.д.).

Решен вопрос подготовки «бакалавров прикладных» и «бакалавров академических», что частично снимает проблему подготовки рабочих кадров. Но зачем тогда было уничтожать начальное профессиональное образование (НПО)? Чтобы искать ему замену? НПО механически «проинтегрировали» в среднее профессиональное образование (СПО). Зачем? Кто от этого выиграл?

Развитие корпоративного обучения подвинуло науку признать необходимость разработки проблем внутрифирменной подготовки кадров. На эту тему пишут монографии и защищают диссертации. Все это — реакция на необходимость анализа проблем снижения общего уровня профессионального образования, на оторванность его от реальности, на необходимость формирования и поддержания организационной культуры в трудовых коллективах организаций.

В транспортных вузах ситуация с кадровым обеспечением лучше, чем в непрофильных (это признает эксперт сообщество), т.к. до сих пор кадровая политика ОАО «РЖД» опирается на былую ведомственную образовательную структуру МПС. Отлажена и продолжает функционировать система воспитательной работы со студентами, эффективно действует система содействия трудоустройству выпускников университетов, производственных практик и т.д.

Однако и здесь прорастают не все новации. Не получил своего развития эксперимент с предварительным распределением студентов четвертых курсов, многие научно-образовательные центры (НОЦ) пока неэффективны (но ищут свое место в системе научного знания и образовательных структурах).

2. Двухуровневая система подготовки «бакалавриат-магистратура» пока в полной мере не оправдывает себя.

Нет четкого понимания модели бакалавра как прикладного, так и академического. Ее нельзя высосать из пальца, просто придумать, она вырастает из реалий функционирования современного рынка труда. Поэтому надо идти не от понимания «модели бакалавра» неизвестных авторов, а понимания динамики развития рынка труда, то есть общественного заказа, но не сегодняшнего дня, а тренда завтрашнего дня.

Кроме того, надо опираться не на сегодня, а на завтра, на прогноз, ориентироваться прежде всего не на рынок, а на потребность и интересы национальной экономики в целом.

Практически все студенты-бакалавры хотят продолжить обучение и получить диплом специалиста. Причина заключается в полной уверенности в том, что на рынке труда они проиграют специалистам. Хотя при этом понимают, что легче защитить диплом бакалавра, чем специалиста.

Бакалавр имеет право поступления в магистратуру. Но и здесь пока нет полного понимания в реальности образовательных технологий, чему и как учить. Магистратура пока (по словам ряда магистрантов) — это место для решения студентами собственных проблем (получение общежития, уклонение от призыва в армию, возможность хоть как-то завершить обучение и устроиться на работу, т.к. «магистр» звучит круче, чем «бака-

лавр»). А потому на занятиях присутствуют не все — за обучение заплачено, а мотивации особой к занятиям нет, наказания отсутствуют.

И еще одна интересная специфическая проблема для транспортных вузов: между бакалавром и магистром для ряда специальностей остался и инженерный уровень. Его отстояли в ходе дискуссий при обсуждении закона «Об образовании». Надолго ли?

Пока эти три уровня аддитивны, но тоже как-то должны синтезироваться в конечном итоге. Или они могут существовать в параллельных мирах?

3. Аспирантура как образовательный уровень.

Законом «Об образовании» [2] введен еще один уровень — аспирантура, но она пока не вписалась в единую систему профессионального образования, не стала его равноправным элементом.

Пока ни аспиранты, ни их преподаватели не готовы активно и эффективно участвовать в учебном процессе. Ранее цель обучения в аспирантуре заключалась в написании кандидатской диссертации, и это не было собственно обучением. Такая точка зрения есть и сейчас: чему еще учить будущего кандидата наук, это индивидуальная подготовка, он сам во всем разберется! Но недостатки такого подхода очевидны — прежде всего оказалась потеряна методология научного поиска, умение формулировать научный аппарат исследования, выдвигать и умело доказывать гипотезы. Аспиранты наступали на одни и те же грабли.

Разработанные учебные планы обучения аспирантов сейчас включают в себя такие необходимые дисциплины, как методология и методика научных исследований, педагогика и психология высшей школы, организация труда ученого и другие. Такой подход — это возрождение былого опыта Гособразования СССР под-

готовки педагогических кадров для высших учебных заведений.

В этой ситуации осталось отладить учебный процесс. Но и здесь пока нерешенные трудности: нерентабельность обучения в малых группах, нехватка подготовленных для такого уровня обучения преподавателей, отсутствие мотивации у аспирантов, неправильная расстановка акцентов: что важнее — ходить на занятия ради сдачи экзаменов и зачетов, написание курсовых работ, без которых ранее аспиранты обходились, собственно написание диссертации или поиски средств материального обеспечения уже созданной молодой семьи.

Учебные планы написаны, по ним работают, но и здесь неясен вопрос с моделью выпускника: кого будут готовить в аспирантурах — исследователя или педагога-исследователя? Вроде бы ясно: в РАН — исследователя, а в вузах — педагога. Но правильно ли это? И где их профессиональные стандарты, чем они должны отличаться? Весовыми пропорциями исследований и профобразования? Единого понимания нет, как нет и единого понимания модели магистра [5].

Обобщая п.п. 1–3, можно сделать промежуточный вывод: введенная новым Законом «Об образовании» многоуровневая система подготовки кадров от бакалавров до аспирантов не целостно настроена на выполнение своей главной задачи — своевременная качественная подготовка кадров для инновационной экономики России, действует лишь поэлементно.

4. Внедряемая и реализуемая многоуровневая система профессионального образования не затронула основ собственно учебного процесса, технологии.

Устарела технология образования по всей цепочке:

— предметно-пространственная среда учебного процесса диктует лишь авторитарную систему управления;

- архитектурная планировка не соответствует провозглашенной педагогике сотрудничества;
- время используется лишь как некое вместительное, а не активатор успешной учебной деятельности;
- временные промежутки организации учебного процесса научно не обоснованы;
- цели не определены, т.к. нет модели личности на государственном уровне; неясно, кого готовить, подо что? под профессиональные компетенции, под рабочее место (рабочую зону), конкретную отрасль и последующую заточку на предпрятии?
- содержание профессионального образования — это вообще открытая в должной мере не обсуждаемая проблема; дисциплины по выбору не работают; факультативы становятся обязателькой, возможности изучить ту или иную дисциплину в другом вузе нет; нет и возможности обучаться по индивидуальной траектории обучения, хотя все предпосылки для этого имеются;
- методы обучения остались теми же, что и были ранее, только сейчас они подкреплены информационными технологиями;
- средства обучения — те же, разве что появились интерактивные доски да видеопроекторы;
- формы обучения — тоже проблема (насколько сейчас нужны лекции, каково место дистанционных форм, электронного обучения и т.д.);
- контроль качества (чем дальше в лес, тем больше контроля, включая тесты; а ведь это опять вырванный кусок из науки тестирования);
- оценка эффективности функционирования кафедры, вуза только отлаживается.

Технологии обучения и программы системно не отлажены, поэтому, несмотря на внедрение в образова-

ние современных технологий, качество не растет, а технические средства превращаются в модные игрушки или не задействованы.

5. Резко изменился студент на входе в вуз.

Сейчас это студент-«тусовщик», а не жаждущий обучения человек; первокурсники искренне не понимают требований вуза, что это уже не школа, здесь другие требования, другая нагрузка, другой ритм. Держать внимание потока в 140 студентов на лекции стало очень затруднительно.

К сожалению, далеко не все студенты готовы и к самостоятельной работе. И этому надо учить сразу как обязательному первому предмету, а лучше — ввести дисциплину «Введение в профессию» с этим разделом.

Но у студента 21-го века есть и достоинства: уже на входе первого курса студенты готовы работать в микрогруппе, мастерски и с удовольствием пользуются компьютерами. Надо этим умело пользоваться и менять формат технологии учебного процесса.

На этапе уже первого знакомства со студентами становится очевидно, что нужен постоянный мониторинг успешности их продвижения в учебной деятельности, своевременной коррекции. Отчисление студента, обучающегося на контрактной основе, — это потеря для вуза до 100 тыс. руб. в год. За эти деньги можно отладить всю систему мониторинга успешности обучения, внедрив в нее рейтинг, тестирование и другие контрольные мероприятия, не имеющие пока системного логического завершения.

Нужно внедрение объективной мотивирующей соревновательности студентов; рейтинг пока не используется как мотивация к обучению, хотя для этого уже есть все возможности.

Необходима перестройка всего учебного процесса, учитывающая модель современного студента, новые информационные технологии,

в целом его научная организация как вид трудовой деятельности.

Необходимо срочное восстановление целостной системы воспитательной работы в вузах, передачи формирования ряда профкомпетенций на этот уровень, ее тесной связи с формированием других компетенций. Вуз обязан готовить не только специалиста, но и формировать личность гражданина*. Но это невозможно сделать, не сформировав ее модель в увязке с четким пониманием стратегии развития нашего государства. Это краеугольная проблема, решить которую можно только лишь сформировав национальную общегосударственную идею. Без нее любые начинания по модернизации образования обречены — не решив стратегические задачи нельзя браться за тактику.

6. Профкомпетенции — это далеко не передовые идеи, они привязывают бакалавра к рабочему месту. Для образовательной системы России это необходимая новация, согласен. Но обучая профкомпетенциям, мы обучаем обслуживанию станков, готовим придаток к ним, а надо учить творчеству, работе в группе, умению переобучаться. В перспективе внедрение профкомпетенций не должно рассматриваться как верх или завершение модернизации, это лишь переход от классической схемы ЗУНов к креативному подходу.

Спорно? Противоречит направлениям модернизации? Может, я и не прав, но если сопоставить профкомпетенции и предметное обучение — это очевидный парадокс в связи с их несовместимостью. Один из уважаемых академиков как-то

сказал, что профкомпетенции — это всего лишь плохой перевод «знаний-умений-навыков».

7. Внедряемая в ряде вузов система менеджмента качества (СМК) оказалась кампанейщиной. Кто из преподавателей о ней помнит и как реализует в своем преподавании? Посмотрите на рабочие учебные программы (РУП) на кафедрах. Что в них есть из стандартов качества? Очень важная идея не доведена до завершения.

8. Тестирование в реальной ситуации убивает качество обучения, по крайней мере не способствует его развитию. Преподаватель оказывается настроен не только на качество усвоения, а и на успешное отгадывание правильных ответов. Причем 25% правильных ответов получает студент без всякого знания — это утверждает матстатистика.

9. Учебно-методические комплексы дисциплин (УМКД) в современном исполнении нивелировали понимание педагогического мастерства, значимости авторской педагогической технологии. Нужно разумное эффективное сочетание того и другого. Профессор должен иметь право на авторство, а не на утвержденную технологию обучения. Доцент же может работать по утвержденному стандарту.

10. Преподаватель не стал тьютором (консультантом), он «вталкивает» знания, а студенты не вовсе «рвут» их у нас; нужно по-новому готовить и преподавателей — не в режиме 72 часов повышения квалификации, а на базе направлений «Профессиональное обучение» или переподготовки «Преподаватель высшей школы». Современных преподавателей должна готовить и аспирантура.

*Аппарат детского омбудсмена П. Астахова совместно с МГУ провел опрос 600 студентов первого курса главного вуза страны о жизненных предпочтениях и ориентирах [6]. Результаты повергли специалистов в шок — молодые люди считают главными ценностями деньги и ради них готовы даже заняться проституцией. Студенты в своих анкетах выделили две ценности — материальное благополучие и сексуальное удовлетворение. Причем деньги ребята любят больше, ибо каждый восьмой из них готов жить с нелюбимым человеком ради полного кошелька, а каждый десятый готов отдаться за презренный металл. Лишь 25% опрошенных назвали уважение к закону необходимой нормой для современной России. При этом молодые люди охотно отвечали, что готовы нарушить закон, причем не только ради достижения социально полезных целей, но и ради личного благополучия.

11. Нужна в целом модель современного преподавателя вуза. Пока его критерии близки к оценке его как научного работника (статьи, доклады...). Нужно беречь и педагога-методиста, даже и без степени, а лучше со степенью кандидата педагогических наук.

12. Нет понимания студентами сметы расходов на обучение и ее реализации как средства мотивации: сколько стоит 1 час, за который он заплатил и что получил за этот час. Скоро они будут иметь не только право, но и возможность изучить дисциплину там, где их устроит соотношение «цена-качество», а деканат зачтет результат сдачи этой дисциплины. В итоге кто-то в вузе останется без заработной платы для своих преподавателей.

13. Прогноз в образовании — еще одна, может, самая важная и очень сложная проблема. Должен ли образовательный прогноз обязательно следовать за экономикой? Или может ли само профессиональное образование себя прогнозировать? Если да, то на сколько возможна эта свобода? Можно допустить полет фантазии. А вот как быть с цифрами?

У образования две функции: обеспечение кадрами для конкретной экономики и опережающая, прогностическая. Для обеспечивающей функции образование должно быть консервативно. Оно аккумулирует опыт поколений и на основании этого готовит кадры «здесь и теперь». На этом строятся краткосрочные планы.

Образование может задавать тренд экономике, но для этого нужно видеть человека будущего и те отношения, в которых он будет жить. А где это записано? Нужен интегративный подход: «экономика + профессиональная педагогика».

Мы строим экономические прогнозы, но у нас нет этого единения. Достаточно посмотреть хотя бы схему развития и размещения производительных сил Свердловской области*. Где там кадровое обеспечение и заказ на специалистов?

Пока же есть прогнозирование на уровне здравого смысла и прошлого опыта. Так говорят производственные практики.

14. Нужно современное понимание эффективной организации процесса обучения на базе современных психологических, педагогических и экономических теорий, а также учета требований нового Закона «Об образовании», реформы РАН [7], документов по аспирантуре и докторантуре, собственных разработок.

Это можно сделать только на основании современного понятийного аппарата, четких формулировок, что такое «инновации», «эффективность образования», его ресурсное обеспечение, оценка качества и т.д.

Ведущее понятие здесь — это инновации. Что это такое? В чем разница между инновациями и модернизацией, трансформацией, реформированием для современной России? Следуя Й. Шумпетеру, инновации — это «созидательное разрушение» [8]. Согласно теории созидательного разрушения, рыночная экономика постоянно совершенствуется изнутри за счет естественного вытеснения устаревшего и убыточного бизнеса и перераспределения ресурсов в пользу новых, более продуктивных компаний.

Я согласен, но именно за счет естественного вытеснения. Сейчас же нам хватит революций, разрушений, пора браться за созидание, строить новое здание профобразования из тех камней, которые остались от советской

*Утверждена постановлением правительства Свердловской области, Союза местных властей Свердловской области, Свердловского областного союза промышленников и предпринимателей, Федерации профсоюзов Свердловской области от 31.12.2002 г. №1481 ПП/12 «О Схеме развития и размещения производительных сил Свердловской области на период до 2015 года». Полный текст в Интернете: docs.cntd.ru.

системы и новых, привнесенных «западными» технологиями.

Следуя другому документу ОСЛЮ [9], можно лишь с горечью осознать, что в России сейчас нет инноваций в образовании. Все или старо или привнесено, или не подтверждено патентами.

Нужны ли инновации? Да, конечно, здесь нет сомнений, но их не надо вымучивать, выращивать искусственно. И внедрять тоже нежелательно! Они должны быть востребованы рынком!

И еще о понятиях.

Как сочетаются понятия «профкомпетентность» и «профдостижения»?

Специалисты много говорят об образовательных кластерах как еще об одном новшестве. А нужны ли они как система без работодателей? Для образования это тоже прежде всего понятийная проблема.

Точка пересечения многих споров и проблем — это профессиональные

компетенции. Но кто их автор? Как они появляются? Мы знаем, как они должны появляться, и частично это делаем. Если брать существующие за основу, то вся наша учебная деятельность — это имитация деятельности. Мы готовим как бы востребованные кадры. А нужно работать по-настоящему — на запросы рынка и прогноз развития нашего государства.

Мы готовы предложить схему такой работы. Ее идея проста: надо строить весь учебный процесс от абитуриента к его будущему рабочему месту. Разный абитуриент, разные рабочие места, разные образовательные технологии.

Мы очертили весь круг проблем, которые высветились на ряде конференций. Конечно, это далеко не все, более тщательный анализ дал бы их значительно большее количество.

Все темы многоаспектны, решаются на стыке экономического, педагогического, психологического, технического сфер знаний. ■

Литература

1. Государственная программа РФ «Развитие образования на 2013–2020 годы»: распоряжение правительства РФ от 22.11.12 г. № 2148-р [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-прав. системы «КонсультантПлюс».
2. ФЗ «Об образовании в РФ». № 273-ФЗ от 29.12.2012 г. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-прав. системы «КонсультантПлюс».
3. Изменения в отраслях социальной сферы, направленные на повышение эффективности образования и науки: план мероприятий. Утвержден распоряжением правительства РФ от 30 декабря 2012 г. № 2620-р. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-прав. системы «КонсультантПлюс».
4. Антропов В. А. Проблемы модернизации и инноваций в Российском профессиональном образовании. Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2013. 104 с. ISBN 978-5-94646-420-8.
5. Интеграция академической и вузовской науки: м-лы первого круглого стола / под ред. В. А. Антропова, д-ра экон. наук, проф. / Препринт. Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2012. 63 с.
6. Верный М. Астахов в шоке от опроса: студенты МГУ мечтают лишь о деньгах и сексе. URL: <http://МК.ru> (дата обращения: 5.12.13).
7. О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации // Росс. газ. — 2013. — 30 сентября.
8. Шумпетер Й. Капитализм, социализм и демократия / Пер. с англ. / Предисл. и общ. ред. В. С. Автономова. М. : Экономика, 1995. — 540 с. (Экон. наследие). ISBN 5-282-01415-7.
9. Руководство Осло: рекомендации по сбору и анализу данных по инновациям. Совместная публикация ОЭСР и Евростата. Организация экономического сотрудничества и развития. М. : Статистическое бюро европейских сообществ, 2006. 192 с. ISBN 5-7602-0173-5.

References

1. State Program of the Russian Federation «Development of Education for 2013–2020»: Government Decree № 2148-p of 22.11.12, [Electronic resource]. Accessed from the legal information system «Consultant Plus».
2. Federal Law «On Education in the Russian Federation» № 273-FZ of 29.12.2012 [Electronic resource]. Accessed from the legal information system «Consultant Plus».
3. Changes in social sphere industries aimed at improvement of the effectiveness of education and science: action plan. Approved by Order № 2620-p of the Government of the Russian Federation of December 30, 2012. [Electronic resource]. Accessed from the legal information system «Consultant Plus».
4. Antropov V. A. Problemy modernizatsii i innovatsiy v Rossiyskom professionalnom obrazovanii. [Problems of modernization and innovation in the Russian vocational education] Ekaterinburg : Institut ekonomiki UrO RAN, 2013. 104 p. ISBN 978-5-94646-420-8.
5. Integratsiya akademicheskoy i vuzovskoy nauki: m-ly pervogo kruglogo stola [Integration of academic and university research: proceedings of the first round table] / pod red. V. A. Antropova, d-ra ekon. nauk, prof. / Preprint. Ekaterinburg : Institut ekonomiki UrO RAN, 2012. 63 p.
6. Verniy M. Astakhov v shoke ot oprosa: studenty MGU mechtayut lish o dengakh i sekse [Astakhov shocked by the survey: MSU students only dream about money and sex]. URL: <http://MK.ru> (date accessed: 05.12.13).
7. O Rossiyskoy akademii nauk, reorganizatsii gosudarstvennykh akademiy nauk i vnesenii izmeneniy v otdelnye zakonodatelnye akty Rossiyskoy Federatsii [Regarding the Russian Academy of Sciences, reorganization of the state academies of sciences and amendments to certain legislative acts of the Russian Federation] // Ross. gaz. — 2013. — 30 sentyabrya.
8. Schumpeter Y. Kapitalizm, sotsializm i demokratiya [Capitalism, Socialism and Democracy] / Per. s angl. / Predisl. i obsch. red. V. S. Avtonomova. M. : Ekonomika, 1995. — 540 p. (Ekon. nasledie). ISBN 5-282-01415-7.
9. Rukovodstvo Oslo: rekomendatsii po sboru i analizu dannykh po innovatsiyam. Sovmestnaya publikatsiya OESR i Evrostata. Organizatsiya ekonomicheskogo sotrudnichestva i razvitiya. [Oslo Manual: Guidelines for collecting and analyzing data on innovation. Joint publication of OECD and Eurostat. Organization for Economic Cooperation and Development] M. : Statisticheskoe byuro evropeyskikh soobschestv, 2006. 192 p. ISBN 5-7602-0173-5.

Статья сдана в редакцию 5 декабря 2013 года

УДК 378.2

В. Л. Нестеров

Формирование показателей качества подготовки специалистов в вузе

UDC 378.2

V. L. Nesterov

Development of specialist training quality indicators of university

Аннотация

В статье приведены результаты исследований проблем формирования системы показателей качества подготовки специалистов в профессиональных учебных заведениях. Выявлены недостатки существующих показателей. Вуз рассмотрен как система, состоящая из подсистем и элементов. Рассмотрены функции управления, осуществляемые системой и подсистемой. Установлены виды управления. Выделены основные приоритеты и направления в работе вуза. На основании этого предложен проектный вариант набора показателей эффективности функционирования учебного заведения. Рассмотрена классификация показателей с определением назначения каждого вида в достижении целей и решении задач при выполнении стратегического плана развития вуза. Рассмотрены аспекты и пути взаимодействия с работодателями по вопросам качества подготовки специалистов в учебном заведении.

Ключевые слова: качество образования, показатели качества, подготовка специалистов, эффективность системы подготовки, стратегия развития, взаимодействие с работодателями, приоритеты вуза, кадровое обеспечение предприятий.

Summary

The article presents the results of research of issues of creation of specialist training quality indicators of vocational schools and universities. Shortcomings of existing indicators are identified. A university is considered as a system consisting of subsystems and components. Control functions implemented by system and subsystem are examined. Types of control are determined. The basic priorities and areas in the work of the university are identified. Based on the above, a draft version of a set of indicators of efficiency of university operation is proposed. Classification of indicators is considered, defining the purpose of each type in achieving the goals and objectives in implementation of the strategic development plan of university. The aspects and ways of interaction with employers regarding specialist training quality issues in an educational institution are examined.

Keywords: quality of education, quality indicators, specialist training, effectiveness of training system, development strategy, interaction with employers, university priorities, enterprise staffing.

Валерий Леонидович Нестеров, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Автоматика телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: vnesterov@usurt.ru.

Valeriy Leonidovich Nesterov, DSc in Engineering, Professor; Department of Railway Automation, Telemechanics and Communication, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: vnesterov@usurt.ru.

Показатели эффективности функционирования системы подготовки специалистов объективно характеризуют качество профессионального образования в вузе. Они напрямую связаны с целями системы, отражают изменение основных параметров ее подсистем. Показатели качества должны быть достаточно простыми, чтобы их удобно было вычислять и анализировать, учитывать условия взаимодействия с внешней средой. Показатели эффективности определяются процессом функционирования системы.

Большое количество практически применяемых в настоящее время показателей не систематизированы, не согласованы с особенностями современного этапа развития профессионального образования, не определено численное значение качества подготовки специалистов, не оценено влияние показателей эффективности вуза на уровень работы предприятий работодателей.

Необходимо систематизировать показатели качества подготовки специалистов, решить проблему количественной оценки значений показателей, оценить влияние показателей на уровень работы предприятий работодателей [1].

Последовательность формирования показателей показана на рис. 1.



Рис. 1

Для формирования показателей рассмотрены цели и задачи. Постановка и реализация целей позволяет вузу влиять на свое будущее: измерять и развивать успехи, научно обоснованно направлять ресурсы на использование благоприятных возможностей. Цели должны соответствовать SMART-критериям, то есть должны быть: конкретные, измеримые, достижимые, взаимосвязанные, определенные во времени.

Цели, в зависимости от подхода к разработке стратегии вуза, формируются: в виде «дерева целей»; по карте целей по направлениям: клиенты, финансы, процессы, персонал, если стратегия разрабатывается на основе системы сбалансированных показателей; по функциональным областям деятельности, если в основу стратегии положен подход к управлению вузом как совокупностью интегрированных субъектов [2].

Стратегические цели намечаются руководством для усиления позиции вуза и его конкурентоспособности, поскольку в вузе одновременно существуют два уровня управления: административное (на уровне вуза) и академическое (на уровне факультетов (институтов) и кафедр). Цели на этих двух уровнях управления имеют свою специфику. Цели университета предполагается подразделять по таким функциям управления, как маркетинг, исследование, организация учебного процесса и проведения НИР, управление персоналом, финансовая деятельность.

Система подготовки специалистов для кадрового обеспечения предприятий включает в себя вузы, колледжи, техникумы, профтехучилища, учебные центры, технические школы и предназначена для достижения определенных целей функционирования. Цели можно представить как конкретную область состояний системы, в которую она должна перейти в процессе функционирования. Цели функционирования системы

достигаются выполнением задач, из них вытекающих. Система может быть представлена в виде иерархической структуры — графа, вершины которого представляют собой цели системы и подсистем, а ребра — задачи, которые должны быть решены соответствующими подсистемами.

Для достижения целей необходимо решить конкретные задачи:

- обеспечить высокое качество образовательного, научного и обеспечивающих процессов;
- формировать социально востребованные личностные качества, мотивацию и поведение студентов;
- использовать информационные технологии в образовании, науке и управлении;
- выйти на новые рынки образовательных услуг и научно-технической продукции;
- совершенствовать и обновлять материально-техническую базу университета;
- диверсифицировать источники финансирования университета;
- обеспечить экономическую успешность университета;
- обеспечить качественные характеристики контингента абитуриентов и студентов;
- повысить уровень корпоративной культуры в коллективе университета;
- перейти от управления затратами к управлению результатами.

Подсистемы осуществляют функции управления, основного процесса системы и обеспечения основного процесса. Показатель эффективности функционирования системы — это количественная мера, определяющая степень соответствия результатов функционирования всех подсистем целям, стоящим перед системой.

Характерные особенности сегодняшнего этапа развития профессионального образования должны влиять на формирование стратегии конкретного вуза. При организации

и проведении образовательного процесса необходимо учитывать, что:

- конкуренция на рынке образовательных услуг ужесточается, что должно стимулировать поиск устойчивых конкурентных позиций;
- предприятия и организации постепенно встают на ноги и обнаруживают, что выполнение появляющихся заказов невозможно из-за отсутствия специалистов. Как следствие, возрастает спрос на выпускников технических университетов;
- организация образовательного процесса на современном уровне невозможна без широкого использования компьютерных технологий;
- демографический спад привел к началу борьбы за абитуриента, поэтому необходимо расширять сферу влияния на выпускников школ в регионах;
- непрерывное образование взрослых становится одним из перспективных направлений работы вузов;
- рационализация и оптимизация образовательного процесса как бизнес-процесса превращается в одну из актуальнейших задач.

Рассмотренная картина различных аспектов эволюции системы высшего профессионального образования приводит к необходимости совершенствования показателей качества работы вузов. Обновление системы показателей востребовано: в системе стратегического развития университета для оценки уровня достижения поставленных целей и степени решенности задач; системе менеджмента качества для оценки уровня подготовки специалистов; а также при подготовке к аккредитации для самообследования вуза и формировании данных для определения рейтингов вуза; для совершенствования системы управления университетом на основе принципов

менеджмента качества и инноваций (развитие процессного принципа); при воплощении миссии университета для повышения его региональной роли, обеспечения конкурентоспособности, развития инфраструктуры вуза; для объективного формирования стимулирующих выплат и поощрения работников.

Разработка стратегического плана требует наличия системы планируемых показателей, которые могут быть как количественными, так и качественными.

Для формирования показателей выделены основные приоритеты стратегического развития вуза: развитие университета как высшего учебного заведения инновационного типа, деятельность которого ориентирована на опережающие научные исследования, их определяющее влияние на содержание учебного процесса и инновационный подход к обеспечению устойчивого развития; активная деятельность университета на российском и международном рынках образовательных услуг и научной продукции; углубление фундаментального образования, сочетающегося с гибкой адаптацией к динамично меняющимся потребностям государства, общества и личности; высокое качество образовательного, научного и обеспечивающих процессов; интеграция образовательной и научной деятельности по перспективным научно-образовательным направлениям на основе углубления знаний и сохранения научных традиций университета; развитие непрерывного образования с широким использованием дистанционных форм обучения.

После формирования целей и задач развития намечены пути их перевода в конкретные показатели качества. Анализ позволил более системно подходить к переходу от выбранных целей к планированию конкретных показателей развития. Рассмотрены особенности структуры вуза и сложившихся направлений его деятельно-

сти. Основные направления: 1) образовательная и воспитательная деятельность; 2) научно-исследовательская деятельность; 3) стратегическое партнерство; 4) управление персоналом (кадры); 5) управление ресурсами; 6) инновационная активность; 7) партнерство с заказчиками; 8) хозяйственное направление.

Каждое из приведенных направлений деятельности с учетом задач, которые предполагается реализовать, может быть охарактеризовано набором показателей, позволяющих фиксировать состояние работ по направлению и динамику его развития. Очевидно, что многие из приведенных выше направлений могут быть детализированы. При этом на каждом уровне разбиения крупных направлений на частные появляется свой набор показателей. Вся совокупность может включать сотни частных показателей. Показатели эффективности подсистемы управления определены на основе функционального анализа, позволяющего структурировать функции по целям деятельности.

Предлагается следующий вариант набора частных показателей: контингент студентов; набор на первый курс; сведения о профессорско-преподавательском составе (ППС); повышение квалификации штатных ППС; число штатных сотрудников, защитивших диссертацию за пять лет; возрастной состав ППС; успеваемость по годам; качественная успеваемость; итоги дипломирования; оценка уровня подготовки выпускников по заключению государственной аттестационной комиссии (ГАК); сведения об аспирантуре; эффективность аспирантуры; сведения о докторантуре; количество диссертаций, защищенных в советах вуза; сведения о НИР; количество учебников и учебных пособий с грифами; результаты НИР; количество студентов, участвующих в НИР; количество персональных компьютеров; международная деятельность;

показатели аккредитации; лепестковая диаграмма деятельности [5, 6].

Целесообразно построить некоторую иерархию показателей, каждый из уровней которой предназначен для использования на соответствующем этапе разработки стратегии и планирования. Показатели самого верхнего уровня — это базисные показатели развития. Показатели более низких уровней планирования — индикативные. Если базисные показатели предназначены для обозначения некоторых стратегических ориентиров развития университета в целом на определенную перспективу, то индикативные показатели предназначены для осуществления оперативного контроля конкретных направлений деятельности.

Наряду с показателями стратегического развития разрабатываются также показатели, с помощью которых измеряется уровень достижения целей. Желательно для каждой цели разработать такой набор показателей, чтобы в него входили как результирующие, так и формирующие (результирующие характеризуют степень достижения цели, а формирующие — усилия, направленные на ее достижение). Установлена причинно-следственная связь между результирующими и формирующими показателями внутри каждого набора.

Далее назначаются сроки, бюджет, ответственные подразделения и лица для каждого мероприятия, определяются механизмы мониторинга показателей. В дальнейшем показатели проецируются на подразделения организационной структуры — происходит декомпозиция сложных показателей, определяется процесс сбора показателей и источники данных на нижних уровнях планирования и учета, процессы обратной связи для каждого показателя и уровень автоматизации этих процессов. Формы измерения показателей, описывающих стратегические цели, различаются в зависимости от цели. Про-

водится анализ результатов применения показателей.

В большинстве случаев нет единых показателей эффективности функционирования системы, т.к. у вуза имеется несколько целей функционирования. Трудность состоит и в том, что нужно все результаты функционирования элементов вуза выразить в количественной форме (т.е. составить характеристики функционирования средств системы). Другая трудность заключается в необходимости выражения показателя эффективности функционирования вуза через характеристики функционирования подсистем. Эти характеристики являются частными показателями. Они показывают, насколько хорошо функционируют элементы подсистем, но не дают представление о вкладе, который каждый элемент вносит в достижение целей, стоящих перед вузом в целом. Далее осуществляется анализ вклада каждой подсистемы в достижение целей функционирования вуза в целом; выясняется, каким образом данная подсистема участвует в достижении различных целей системы.

Для анализа состояния подсистемы, осуществляющей функции основного процесса системы (образовательного), создана база данных показателей [3, 4, 7]. Общий уровень эффективности функционирования системы подготовки специалистов описывается критериальным показателем, который формируется под влиянием того, как выполнены отдельные задачи. Эффективность решения каждой задачи характеризуется конкретным интегральным показателем, который формируется комплексом определяющих его значение факторов, представленных как частные показатели.

Интегральные показатели характеризуют следующие уровни эффективности решения задачи: по подготовке специалистов в количестве, соответствующем потребностям работодателей; подготовке специалистов,

требуемой номенклатуры специальностей; подготовке высококачественных специалистов; воспитанию высоко нравственных и законопослушных личностей; сохранению и укреплению физического здоровья будущих специалистов [4].

Объединение интегральных показателей по соответствующей методике дает критериальную оценку качества и эффективности функционирования системы. Интегральные показатели объединяют значения частных показателей.

Принципы, технологии и механизмы достижения целей, решения задач и выполнения показателей гарантии качества подготовки специалистов перенесены на взаимодействие с предприятиями транспорта, с федеральными, региональными и муниципальными предприятиями различных отраслей экономики страны в современных условиях рынка труда и образовательных услуг [8].

Они заключаются в следующем: организация и реализация целевой подготовки специалистов; повышение квалификации и переподготовка руководителей и специалистов; построение образования «через всю жизнь»; выполнение научных исследований в интересах работодателей; изучение перспективных проектов развития отрасли в зоне действия вуза и подготовка предложений по их кадровому обеспечению; сопряжение систем управления качеством работы отрасли и качеством подготовки специалистов в учебных заведениях; анализ спроса на выпускников по специальностям; проведение анкетирования молодых специалистов, их руководителей на производстве об уровне подготовки в вузе и удовлетворении запросам конкретных рабочих мест; анализ результатов анкетирования и разработка предложений; разработка и реализация программ совместной работы кафедр и производственных предприятий. В частности, создание фи-

лиалов кафедр на производстве, согласование тем дипломных и курсовых проектов, привлечение к работе в ГАК ведущих представителей производства, составление заключений председателей ГАК о качестве дипломных проектов; мониторинг профессионального становления личности специалиста, разработка паспорта специалиста, отслеживание деловой карьеры и профессионального роста выпускников, участие в формировании кадрового резерва; взаимодействие вуза и конкретных преподавателей с работодателями в ходе организации и реализации образовательного процесса, привлечение ведущих специалистов предприятий для работы в качестве преподавателей учебного заведения; создание из научно-педагогических работников института консультантов по решению производственных проблем; проведение совместных заседаний ученого совета вуза с научно-техническими и технико-экономическими советами предприятий, конференций, семинаров, сетевых школ, выставок; разработка программ совместных действий по различным направлениям деятельности; регулярный обмен информацией, мониторинг процесса взаимодействия с работодателями; проведение совместных научных исследований по вопросам совершенствования техники, технологий и кадрового обеспечения; привлечение работодателей к развитию материально-технической базы вуза и решению социальных проблем.

Таким образом, следует детализировать направление развития вуза, систематизировать совокупность вводимых показателей эффективности подготовки специалистов. Необходимо определить количественное значение показателей.

Рекомендации по развитию сотрудничества с работодателями определяются процессами модернизации системы образования, обеспечением его доступности и устойчивости, необ-

ходимость повышения конкурентоспособности вуза, качества и эффективности подготовки специалистов, внедрением федерального государственного образовательного стандарта третьего поколения необходимо:

- разработать процедуру привлечения работодателей к составлению образовательных стандартов, учебных планов и программ, критерии составления и формы согласования разработанных документов, критерии отбора работодателей для их экспертизы;
- при определении профилей подготовки учесть интересы студентов и работодателей;
- организовать процесс сотрудничества учебно-методических объединений с работодателями;
- определить место работодателей в разработке и организации компетентностного подхода, разработать методические рекомендации для оценки компетенций, использовать опыт выпускников,

проработавших у работодателей три-пять лет;

- определить мнение работодателей о переходе на двухуровневое обучение, разработать технологию перехода;
- согласовать разрабатываемый перечень направлений подготовки с работодателями;
- организовать устойчивые связи с работодателями при подготовке магистров, определить финансирование и организацию индивидуальных траекторий подготовки элитных выпускников;
- активно привлекать вузы при разработке профессиональных (корпоративных) стандартов;
- определить роль работодателя в организации и продолжении обучения после окончания вуза (внутрипроизводственное обучение, повышение квалификации, переподготовка, получение второй специальности, магистратура, аспирантура, докторантура). ■

Литература

1. Нестеров В.Л., Радченко В.И., Русакова Е.А. Количественные показатели качественной подготовки специалистов железных дорог // *Транспорт Урала*. 2009. № 1. С. 18–20. ISSN 1815-9400.
2. Князев Е.А., Ключев А.К. и др. Разработка стратегии образовательного учреждения. Университетское управление: практика и анализ (библиотека журнала), 2007.
3. Нестеров В.Л., Радченко В.И., Лузина Е.С. Показатели качества организации образовательного процесса в учебном заведении // *Вестник УрГУПС*. 2010. № 2. С. 66–73. ISSN 2079-0392.
4. Нестеров В.Л., Радченко В.И., Лузина Е.С. Методика оценки качественного и количественного состава выпускников вуза // *Транспорт: наука, техника, управление*. РАН, ВИНТИ. 2011. № 10. С.16–18. ISSN 0236-1914.
5. Нестеров В.Л., Радченко В.И., Лузина Е.С. Показатель обеспечения учебного процесса преподавателями в вузах транспортной отрасли // *Транспорт: наука, техника, управление*. РАН, ВИНТИ, 2012. № 8. С. 50–54. ISSN 0236-1914.
6. Антропов В.А., Нестеров В.Л., Ельшина Т.Н. Оценка социально-экономической эффективности функционирования средних профессиональных учебных заведений : монография. Екатеринбург : Изд-во Уральского университета, 2001. 142 с.
7. Антропов В.А. Проблемы модернизации и инновации в российском профессиональном образовании. — Екатеринбург : Институт экономики УРО РАН, 2013. 104 с.
8. Нестеров В.Л. Методологические основы организации кадрового обеспечения железнодорожного транспорта : дисс. ... на соиск. уч. ст. д-ра техн. наук. Екатеринбург. Защищена: 15.06.2005.

References

1. Nesterov V. L., Radchenko V. I., Rusakova E. A. Kolichestvennyye pokazateli kachestvennoy podgotovki spetsialistov zheleznykh dorog [Quantitative indicators of quality

- training of railway industry professionals] // Transport of the Urals, 2009. № 1. P. 18–20. ISSN 1815-9400.
2. Knyazev E. A., Klyuev A. K. et al. Razrabotka strategii obrazovatel'nogo uchrezhdeniya. [Development of educational institution strategy] Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz (biblioteka zhurnal), 2007.
 3. Nesterov V. L., Radchenko V. I., Luzina E. S. Pokazateli kachestva organizatsii obrazovatel'nogo protsessa v uchebnoy zavedenii [Quality indicators of educational process in educational institution] // Herald of the USURT, 2010. № 2. P. 66–73. ISSN 2079-0392.
 4. Nesterov V. L., Radchenko V. I., Luzina E. S. Metodika otsenki kachestvennogo i kolichestvennogo sostava vypusnikov vuza [Methods for evaluation of qualitative and quantitative composition of university graduates] // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. RAN, VINITI. 2011. No. 10. P.16–18. ISSN 0236-1914.
 5. Nesterov V. L., Radchenko V. I., Luzina E. S. Pokazatel obespecheniya uchebnogo protsessa prepodavatelyami v vuzakh transportnoy otrasli [Indicator of sufficiency of teaching staff in transport industry universities] // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. RAN, VINITI, 2012. № 8. P. 50–54. ISSN 0236-1914.
 6. Antropov V. A., Nesterov V. L., Elshina T. N. Otsenka sotsialno-ekonomicheskoy effektivnosti funktsionirovaniya srednikh professionalnykh uchebnykh zavedeniy : monografiya. [Assessment of socio-economic efficiency of operation of secondary vocational schools : monograph.] Ekaterinburg : Izd-vo Uralskogo universiteta, 2001. 142 p.
 7. Antropov V. A. Problemy modernizatsii i innovatsii v rossiyskom professionalnom obrazovanii [Issues of modernization and innovation in the Russian vocational education]. — Ekaterinburg : Institut ekonomiki URO RAN, 2013. 104 p.
 8. Nesterov V. L. Metodologicheskiye osnovy organizatsii kadrovogo obespecheniya zheleznodorozhnogo transporta [Methodological basis for organization of staffing of railway transport] : diss. ... na soisk. uch. st. d-ra tekhn. nauk. Ekaterinburg. Defended on: 15.06.2005.

Статья сдана в редакцию 18 декабря 2013 года

УДК 378.1

*А. В. Григорьева, Б. А. Москвина***Мотивация студентов при изучении иностранного языка**

UDC 378.1

*A. V. Grigorieva, B. A. Moskvina***Students' motivation for language learning****Аннотация**

В данной статье рассматривается мотивация студентов при обучении иностранному языку. Многие преподаватели считают, что проблемы, возникающие у студентов во время изучения иностранного языка, связаны с низким уровнем владения иностранным языком, и часто забывают про мотивацию, которая играет самую важную роль в процессе обучения. Мотивация студентов управляет процессом обучения, без нее у студентов нет интереса к предмету, в аудитории нет жизни.

Нами рассматриваются четыре вида мотивации: инструментальная, интегративная, внешняя и внутренняя. В основе инструментальной мотивации лежит цель: получить некоторую социальную или экономическую награду посредством знания иностранного языка, то есть причины овладения иностранным языком носят функциональный характер.

Интегративная мотивация характеризуется позитивным отношением учащегося к носителям языка и желанием интегрироваться в языковое сообщество.

В основе внутренней мотивации лежит желание учащегося изучать иностранный язык, так как такая деятельность является приятной и приносит удовлетворение.

Действия внешнемотивированных учащихся осуществляются для достижения какой-либо цели, например, чтобы заработать награду или избежать наказания.

Позитивная внутренняя мотивация является наиболее продуктивной для формирования положительного отношения студентов к предмету и приносит больше результатов, нежели другие виды мотивации.

Исследование было проведено с использованием метода анкетирования. Проанализировав результаты опроса, авторы высказывают свои мысли и дают рекомендации, как мотивировать студентов к изучению иностранного языка.

Оптимальным представляется метод проектов, выполняя который студенты получают возможность овладеть профессиональной лексикой и углубить знания по специальности.

Ключевые слова: мотивация, внутренняя мотивация, анкетирование, метод проектов, рекомендации.

Summary

This article examines motivation of students in learning a foreign language. Many lecturers believe that the problems encountered by students during the study of a foreign language are associated with low level of proficiency in a foreign language, and often forget about the motivation that plays the most important role in the learning process. Students' motivation controls the learning process; without motivation students have no interest in the subject, there is no life in the audience.

We consider four types of motivation: instrumental, integrative, external and internal. The basis of instrumental motivation is the goal — to get some social or economic reward through knowledge of a foreign language, i.e., the reasons to learn a foreign language are functional.

Integrative motivation is characterized by a positive attitude of the student toward native speakers and a desire to integrate into the language community.

The basis of internal motivation is the student's desire to learn a foreign language, as this activity is enjoyable and brings pleasure.

Efforts of externally motivated students are made to achieve an objective, such as to earn a reward or avoid punishment.

Positive internal motivation is the most efficient for the formation of a positive attitude of students towards the subject and brings more results than other types of motivation.

The study was conducted using questionnaire survey method. After analyzing the survey results, the authors express their thoughts and give recommendations on how to motivate students to study a foreign language.

The optimal is the method of projects, carrying out which students have the opportunity to master the professional vocabulary and deepen their knowledge in their field of expertise.

Keywords: motivation, intrinsic motivation, questionnaire survey, project method, recommendations.

Александра Викторовна Григорьева, преподаватель; кафедра иностранных языков и межкультурных коммуникаций Уральского государственного университета путей сообщения Екатеринбург, Россия. E-mail: karnaukhova_a@mail.ru.

Юлия Александровна Москвина, преподаватель; кафедра иностранных языков и межкультурных коммуникаций Уральского государственного университета путей сообщения Екатеринбург, Россия. E-mail: moskvina_yuliya@bk.ru.

Alexandra Viktorovna Grigorieva, Lecturer; Department of Foreign Languages & Cross-Cultural Communication, Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia. E-mail: karnaukhova_a@mail.ru.

Yuliya Alexandrovna Moskvina, Lecturer; Department of Foreign Languages & Cross-Cultural Communication, Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia. E-mail: moskvina_yuliya@bk.ru.

Nowadays the Bologna process is one of the most important high education reforms. It has changed the system of high education not only in Europe, but also in Russia. Europe has been adopting new standards which lead to the total globalization for more than a decade, but Russia had its own difficulties to implement European ideas and standards. Today a lot of Russian Universities that were the leaders in international education have not retained this position. Mostly it has happened because of the dramatically dropped quality of English language teaching. Many students refuse to take part in international conferences and student's exchange, to publish their articles in foreign magazines, because they don't know how to express their thoughts and their ideas in English [1].

The research, reported here, was stimulated by both practical and theoretical considerations in the field of foreign language learning. The topic of student's basic education in English language is a theoretical aspect of the research, which is supposed to answer the question «Why isn't English a popular subject to study at technical University?» The topic of motivation is of practical interest to language program administrators, who want to attract students to programs that will motivate them, to teachers, who would like to use pedagogical techniques that develop student motivation, and to learners themselves, who must sometimes struggle to maintain their internal motivation. The questionnaire was composed for students to answer the questions. Their answers have given us the list of the best methods that should be used in teaching English.

Motivation has been called the «neglected heart» of language teaching. As teachers, we often forget that all of our learning activities are filtered through our students' motivation. In this sense, students control the flow of the classroom. Without student motivation, there is no pulse, there is no

life in the class. When we learn to incorporate direct approaches to generating student motivation in our teaching, we will become happier and more successful teachers [2].

Firstly, it's important to define the term motivation. Many theoretical works devoted to language learning motivation have been written for last two decades. Gardner says «motivation is a very complex phenomenon with many facets... Thus, it is not possible to give a simple definition» [3]. As behaviourists states, motivation is «quite simply the anticipation of reward» [4]. However, the cognitivists consider the term motivation to be connected with internal decisions. Keller and Brown, who were associates said «the choices people make as to what experiences or goals they will approach or avoid, and the degree of effort they exert in that respect» [4]. M. Williams and R. Burden define motivation as «a state of cognitive and emotional arousal, a state which leads to a conscious decision to act and gives rise to a period of sustained intellectual and/or physical effort» [5]. Gardner has the same idea expressed by other words. As Gardner states «motivation is a combination of effort plus desire to achieve the goal of learning the language plus favourable attitudes towards learning the language» [6].

Gardner distinguishes two types of motivation: the integrative and the instrumental. Integrative motivation is characterized by the learner's positive attitudes towards the target language group and the desire to integrate into the target language community. Instrumental motivation underlies the goal to gain some social or economic reward through second language achievement, thus referring to a more functional reason for language learning [7].

It has been found that generally students select instrumental reasons more frequently than integrative reasons for the study of language. Those who

do support an integrative approach to language study are usually more highly motivated and overall more successful in language learning [7].

Brown says that integrative and instrumental motivations do not exclude each other. Students do not choose one kind of the motivation when they learn language. He gives the example of international students residing in the United States, learning English for academic purposes while at the same time wishing to become integrated with the people and culture of the country [4].

It may be concluded that both forms of motivation are closely related and they are the main parts of success in learning language. There are many situations when integrative and instrumental motivations are mixed. But importance of these two types of motivation depends on a situation whether learning language functions more as a foreign language or as a second language [8].

Gardner presents four aspects which make a difference in the success of individuals learning a second language; language aptitude, personality, attitude and motivation. Teachers around the world find that some learners learn more and/or faster than others. Some learners do might want to learn the target language, though, not all. Regardless of the many positive reasons that can be given for learning another language, individuals may perceive things in a different way. There are teachers trying to find ways of making their learners want to learn the target language; thinking of ways to motivate them [2].

Dörnyei defines intrinsic and extrinsic motivation theory [9]. Intrinsic motivation refers to the motivation to engage in an activity because that activity is enjoyable and satisfying to do. Extrinsically motivated learners are those whose actions are carried out to achieve some instrumental end, such as, earning a reward or avoiding a punishment. This internal-external

distinction is one that has played a significant part in many current theories of motivation [2].

Brown allocates five different measurements that are supposed to comprise motivation, each of which is determined by an intrinsic and extrinsic pole, these notions have been used to explain differences in motivation between different learners [10].

Nevertheless, motivation should not be considered as something that is either simply internal or external to the learner. For example, students who study second language may be intrinsically or extrinsically prompted or intrinsic and extrinsic reasons of learning language motivating them can be mixed.

Intrinsic and extrinsic motivations are not identical to integrative-instrumental motivation. Instrumental and integrative motivation must be considered as subtypes of extrinsic motivation, because they are connected with purposes or results. It is not difficult to think about a situation when a student wants to learn a language in order to communicate with native speakers; however he does not really like studying the language, an activity for which he or she has only an extrinsic, goal-oriented motivation. As for learners with instrumental motivation, we can think of students who enjoy studying and learning the language without any clear reasons for studying a language. They just find language learning interesting and enjoyable. A learner can be intrinsically motivated in an activity for its own interest and at the same time estimate its practical rewards. But when a learner has neither type of motivation for foreign language learning, neither enjoying the activity for its own interest nor thinking that it will bring any useful outcomes, it is the worst situation that can happen.

Motivation is very important in second language learning. The motivation should be considered as one of a number of variables in an intricate

model of interrelated individual and situational factors which are unique to each language learner [7].

English is stressed in Russian education at all levels. It is taught as a foreign language in schools starting at age of eight. Most parents prefer their children to be taught a second language starting in kindergarten. But after being tested at Ural State University of Railway Transport, most students show a low level of English language. After testing, students are divided into several groups according to their level. Being determined into elementary group, some students say that they have been studying English since kindergarten and they do not still have any results. Sometimes, first-year students, facing difficulties of adaptation in new community, often can not get used to high education requirements. Students having basic skills of English (reading and translating into Russian) are not able to communicate. That is why teachers have to explain the school programs elements instead of given lessons based on state program.

Other important aspect, determined the low level of English, is a lack of learning motivation. Development of international relations, restricted freedom of using content forms and methods of teaching tell us about the maximal demand for English language training at non-linguistic faculties. Therefore the means of increasing motivation are very important to be developed.

Thanks to research reported here, the most appropriate means and methods of increasing motivation are supposed to be marked out.

The researchers have found that the survey should have been taken by 130 students, who represented different faculties. The survey covered only the first two courses because it is the period when English language is included into University program. The target audience was divided into two groups: technical specialties and economical ones. The main principle of this division is that these two groups will be employed in different fields, which have various requirements.

Hypothetically if students are taught skills, which they are interested in, their motivation will increase.

Mostly the students who answered the questionnaire were 18 years old. This age group is represented of 56% of all interviewed. A quarter of students is represented by 17 years old students.

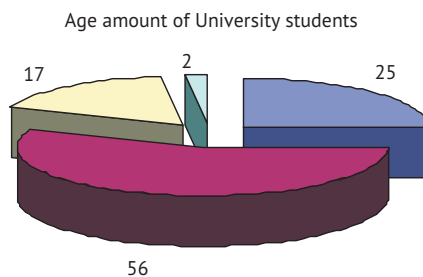


Fig. 1. About 17% is a group of 19 years old students, %
 ■ – 17 years; ■ – 18 years;
 ■ – 19 years; ■ – 20 years

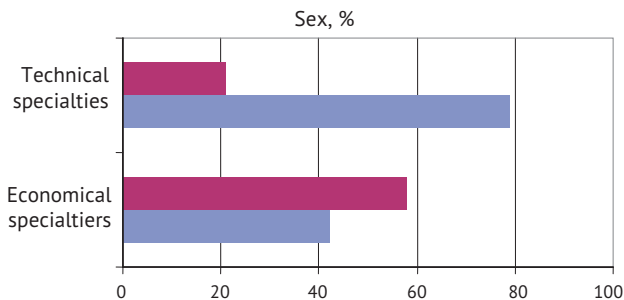


Fig. 2

■ – female; ■ – male

The total number of students was divided into two groups. The first group represents the economical specialties, the second one is for technical specialties. The number of female and male students was measured in both groups.

More than a half of the students at economical specialties is female students. Overall almost 90% of the students at technical specialties is male.

Although the amount of female students exceeds the number of male ones at the economical specialties, the total number of male students is larger.

The graph below gives us the information about the students' value of their English level. As it can be seen here more than a half of all students said they obtained elementary level. The average per cent of this type of students stays the same both economical specialties and technical specialties.

The amount of pre-intermediate students is approximately the same

at both specialties. The number of elementary students and the pre-intermediate is represented 98% at technical specialties and 92% at economical specialties. Then data hit bottom. Only 1% is represented by intermediate and upper-intermediate students at technical specialties. It means the vast number of students was divided into elementary and pre-intermediate groups.

The motivation is connected with learning new skills, which can be applied in the future. The more important skill is learnt, the higher motivation is. As you can see (fig. 4), most students are highly motivated to get communication skills. But there are different reasons to study foreign language. Firstly, English is required at a lot of companies today. Secondly, many students' dream is to visit foreign countries, get overseas work and have some friends from abroad. The second reason explains why about 60% of students who

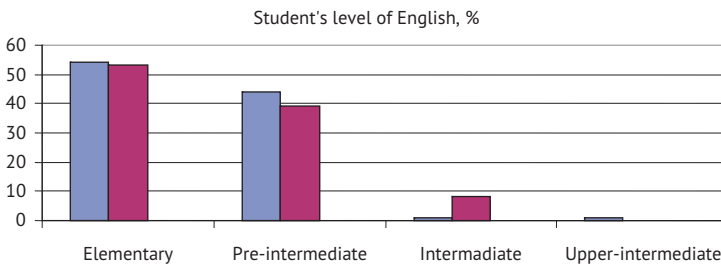


Fig. 3

■ – technical specialties; ■ – economical specialties

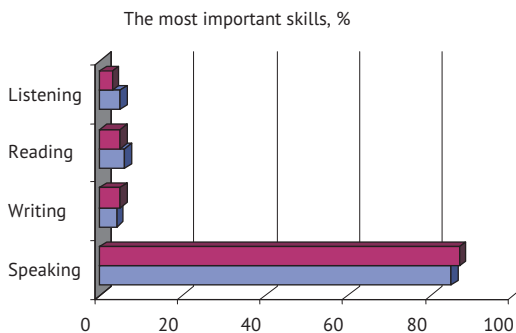


Fig. 4

■ – economical specialties; ■ – technical specialties

study at Economics Faculty are interested to study General English (fig. 5). About 30% of technology students select English for Careers, because some students are engaged in international programs related to their specialty, although they consider General English to be the most important one.

Unfortunately, their wishes and results go apart. What is the main reason of their poor progress?

The most popular answer is «nothing prevents», but this answer is supposed to be appraised as «I don't know». The second popular answer is «laziness». «No wish» takes the third position. Obviously, about 77% has no any objective reasons not to study English. The less popular answer «no practice» seems to be the most objective one. The insufficient amount of practical lessons is supposed to be the main reason why students aren't motivated.

But what can make students study foreign language? There are two types of motivation: negative and positive.

66% of answers is related to positive motivation, when a student expects a certain reward. The opportunity of travelling can make 45% of students studying English. The reward is a freedom of communication with foreigners. 21% percent is interested in studying any foreign language. Unfortunately, about 44% has a negative motivation. Negative motivation is a feeling a person gets when he expects punishment. Punishments can be represented by sending down or dismissal. Overall 23% is afraid of being sent down. 11% thinks about the future career. Being discharged is the fear that makes students study English.

Both positive and negative motivation could lead to the same result however on the long run the overuse of negative motivation may result in problems like hating the person who uses it (a teacher) or the subject which must be studied (English language).

So the difference between positive and negative motivation is that positive

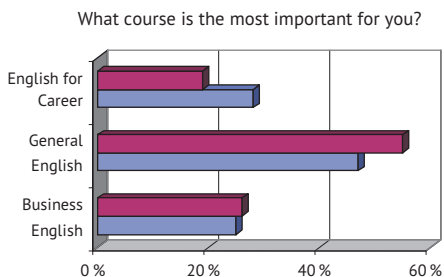


Fig. 5

■ – economical specialties;
■ – technical specialties

What prevents you from studying English?

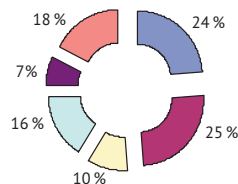


Fig. 6

■ – laziness; ■ – no time; ■ – nothing prevents; ■ – no practice; ■ – I can't answer the question; ■ – no wish

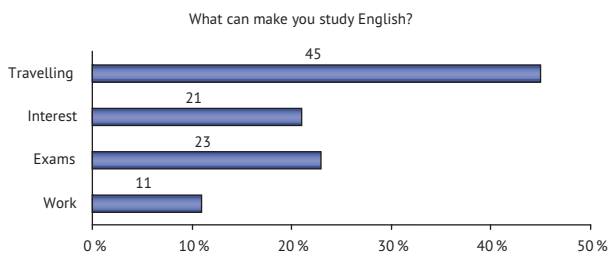


Fig. 7

■ – what can make you study English?

motivation does not have side effects on the long run while negative motivation may have some. That's why teachers should use methods, which can make the effect of positive motivation (instruct one).

The students were asked some questions to find out if they made different activities in English language in their free time.

As we can see at the fig. 8 most students of economical and technical specialties 82% and 74% respectively do not read newspapers, books or magazines in English.

63% students of economical specialties and 79% students of technical specialties do not listen to radio in English.

The number of students who watch videos and films in English is 71% at economical specialties and 57% at technical specialties.

The amount of students who consider English to be useful at future work is about the same at both specialties. The figures show that around 90% of

students thinks that English will help them to get their future job.

According to the data 71% of students of economical specialties and 80% of students of technical specialties do not have pen friends and business partners abroad.

And only 26% and 41% of students at economical and technical specialties respectively would like to make scientific research in English.

These data can be interested in the following way: the total percentage of students at both specialties understands the importance of English, they consider it useful at their future work however they do not intend to improve their knowledge in the spare time, to listen to radio, to read books, newspapers and magazines, to watch videos and films, to find pen friends around the world and to make scientific research.

The results of students' survey were analyzed to make a decision what methods should be used to get positive instruct motivation.

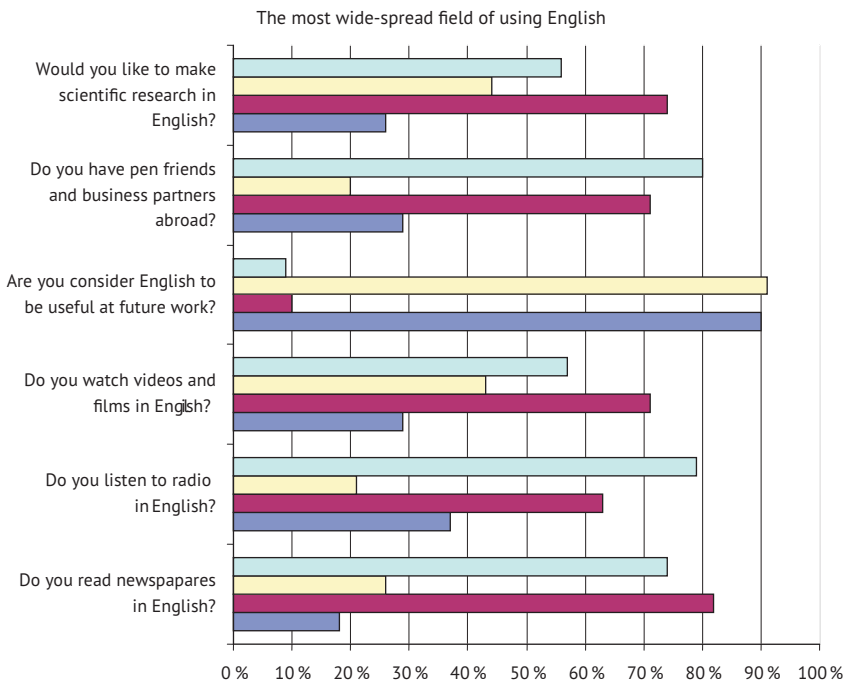


Fig. 8

■ – yes/Economical specialties; ■ – no/Economical specialties
 ■ – yes/Technical specialties; ■ – no/Technical specialties

The majority of students, both technical and economical specialties, is interested in communication. Unfortunately, teachers can not apply the method of students' exchange as often as they want. That's why the best way is a method of students' project. Every year student undertake short project on a topic related to their specialty. This method can solve several problems.

Firstly, students have an opportunity to practice skills that they get at their classes. So students bring the

latest knowledge to the project on which they work. Furthermore, they get skills that they are really interested in.

Secondly, they complete the project by writing a full report that can be submitted as a part of their degree. Moreover, students will get skills of Business English and English for Careers in the way.

Thirdly, students find some additional material at home to finish their research. The research done in English may replace English exam. ■

Литература

1. Москвина Ю.А., Григорьева А.В. Формирование мотивации к изучению иностранного языка у студентов в высшем учебном заведении // Концепт. 2013. № 07 (июль). ISSN 2304-120X. URL: <http://e-koncept.ru/2013/13153.htm>. (дата обращения: 24.11.2013).
2. Gilakjani A.P., Leong L. — M., Sabouri N.B. A study on the role of motivation in foreign language learning and teaching // I.J. Modern education and computer science, 2012. № 07 (July). Pp. 9–16. URL: <http://www.mecs-press.org/ijmecs/ijmecs-v4-n7/IJMCS-V4-N7-2.pdf> (дата обращения: 24.11.2013).
3. Gardner R. The socio-educational model of second language acquisition: a research paradigm. EUROSLA Yearbook, 2006. № 6. — Pp. 237–260.
4. Brown, H. Principles of language learning and teaching. New Jersey : Prentice Hall, 2000.
5. Williams M. and Burden R. Psychology for Language Teachers, Cambridge University Press, 1997.
6. Gardner R. C. Social Psychology in Second Language Learning, Edward Arnold Ltd. London, 1985.
7. Jacqueline N. — H. Motivation as a contributing factor in second language acquisition // The Internet TESL Journal, 2001. — Vol. VII. — № . 6. URL: <http://iteslj.org/Articles/№ rris-Motivation.html> (дата обращения: 24.11.2013).
8. Gardner R. C. and Lambert W. Attitudes and motivation in second language learning. Rowley, Mass : Newbury House Publishers, Inc, 1972.
9. Dörnyei Z. Conceptualizing motivation in foreign language learning, Language Learning, 1998. № 40. — Pp. 46–78.
10. Brown H.D. Principles of language learning and teaching. (4th ed.). New York : Addison Wesley Longman, 2000.

References

1. Moskvina Yu.A., Grigorieva A.V. Formirovaniye motivatsii k izucheniyu inostrannogo yazyka u studentov v vysshem uchebnom zavedenii [Generation of foreign language learning motivation for university students] // Kontsept. 2013. No. 07 (iyul). ISSN 2304-120X. URL: <http://e-koncept.ru/2013/13153.htm>. (date accessed: 24.11.2013).
2. Gilakjani A.P., Leong L. — M., Sabouri N.B. A study on the role of motivation in foreign language learning and teaching // I.J. Modern education and computer science, 2012. No. 07 (July). Pp. 9–16. URL: <http://www.mecs-press.org/ijmecs/ijmecs-v4-n7/IJMCS-V4-N7-2.pdf> (date accessed: 24.11.2013).
3. Gardner R. The socio-educational model of second language acquisition: a research paradigm. EUROSLA Yearbook, 2006. № 6. — Rr. 237–260.
4. Brown, H. Principles of language learning and teaching. New Jersey : Prentice Hall, 2000.
5. Williams M. and Burden R. Psychology for Language Teachers, Cambridge University Press, 1997.

6. Gardner R. C. Social Psychology in Second Language Learning, Edward Arnold Ltd. London, 1985.
7. Jacqueline N. — H. Motivation as a contributing factor in second language acquisition // The Internet TESL Journal, 2001. Vol. VII. № 6. URL: <http://iteslj.org/Articles/No.rris-Motivation.html> (date accessed: 24.11.2013).
8. Gardner R. C. and Lambert W. Attitudes and motivation in second language learning. Rowley, Mass : Newbury House Publishers, Inc, 1972.
9. Dörnyei Z. Conceptualizing motivation in foreign language learning, Language Learning, 1998. № 40. — Rr. 46–78.
10. Brown H. D. Principles of language learning and teaching. (4th ed.). New York : Addison Wesley Longman, 2000.

Статья сдана в редакцию 1 декабря 2013 года

Строительные конструкции

УДК 624.041.2

А. Х. Ягофаров, Х. Ягофаров, А. Б. Разумов

Преобразование системы двухконсольных балок в многопролетную неразрезную балку переменной жесткости

UDC 624.041.20

A. Kh Yagofarov, Kh. Yagofarov, A. B. Razumov

Conversion of double-cantilever beam system into multispan continuous beam of variable stiffness

Аннотация

Рассмотрена многопролетная балка, собранная из двухконсольных балок в каждом пролете. Сами по себе двухконсольные балки малоэффективны в смысле экономии материалов. Технический и экономический эффект достигается, если каждую консоль скрепить со смежной балкой. Этим образуется многопролетная неразрезная балка переменного сечения. Жесткость балки в пролете равна J , а в опорной зоне — $2J$.

В статье получены аналитические выражения. Они позволили выполнить анализ распределения усилий по длине многопролетной неразрезной балки переменного сечения. Длина балки бесконечная.

Расчетные формулы получены в результате анализа двух элементарных участков балки: однопролетная балка переменного сечения. Нагрузка равномерно распределенная по всей длине неразрезной балки; половинки смежных пролетов балки с вертикальной опорой посередине элементарного участка и «ползуны» по концам. Нагрузка равномерно распределенная, прерывистая через пролет.

Аналитические выражения получены на основе метода сил раскрытием интеграла Мора.

Анализ распределения усилий по длине новой балки показал следующее: эпюра изгибающего момента в пролете новой балки «поднимается» по сравнению с эпюрой моментов обычной балки с защемленными концами. Это происходит за счет увеличения опорных моментов на 17% и уменьшения пролетного момента на 34%; получены значения рационального вылета консоли в пределах 0,11–0,144 долей от пролета; получены области опорных и пролетных расчетных моментов; найдены значения усилий крепления консолей к смежным балкам.

Эффективность новой балки продемонстрирована графически эпюрами материалов разных балок.

Ключевые слова: балка, консоль, двухконсольная балка, простая балка с защемленными концами, многопролетная неразрезная балка, элементарный участок балки, балочный момент, эпюра моментов.

Анвар Хабидович Ягофаров, канд. техн. наук, доцент; кафедра «Строительные конструкции и строительное производство» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: gotvalld@mail.ru.

Хабид Ягофаров, д-р техн. наук, профессор; кафедра «Строительные конструкции и строительное производство» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: gotvalld@mail.ru.

Алексей Борисович Разумов, аспирант; кафедра «Строительные конструкции и строительное производство» Уральского государственного университета путей сообщения. Екатеринбург, Россия. razumov74@inbox.ru.

Anvar Khabidovich Yagofarov, PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Building Structures and Building Industry, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: AYagofarov@usurt.ru.

Khabid Yagofarov, DSc in Engineering, Professor; Department of Building Structures and Building Industry, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: AYagofarov@usurt.ru.

Alexey Borisovich Razumov, graduate student, Department of Building Structures and Building Industry, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia.

Summary

A multispan beam assembled from double-cantilever beams in each span is examined. Double-cantilever beams themselves are ineffective in terms of economy of materials.

Technical and economic effect is achieved if each console is attached to the adjacent beam. In such a way multispan continuous beam is formed with variable cross section. Rigidity of the beams in a span is J , and in the core zone — $2J$.

In the article, analytical expressions are derived. They allow analyzing the distribution of forces along the length of the multispan continuous beam with variable cross section. Beam length is infinite.

Design formulae are derived from analysis of two elementary beam sections: — single beam of variable cross section. The load is evenly distributed over the entire length of the continuous beam; halves of adjacent beam spans with vertical support in the middle of elementary section and slides on the ends. The load is evenly distributed and intermittent by spans.

Analytical expressions are obtained based on force method by expanding Moore's integral.

Analysis of distribution of forces along the length of the new beams showed the following: bending moment curve in new beam span «rises» in comparison with the moment curve of the conventional beam with clamped ends. This is due to increase of support moments by 17% and reduction of span moment by 34%, the values of rational console offset within the range of 0,11–0,144 shares of the span are obtained; support and span ultimate moment areas are calculated, the values of console attachment force to adjacent beams are obtained.

Effectiveness of the new beam is demonstrated graphically by curves of different beam materials.

Keywords: beam, console, double-cantilever beam, regular bar with clamped ends, multispan continuous beam, elementary beam section, beam moment, moment curve.

Практическая ценность шарнирно-консольных балок состоит в возможности регулирования усилий в зависимости от длины вылета консоли, заканчивающейся шарнирным узлом. Данное свойство позволяет сэкономить материалы и упростить узлы сопряжений по сравнению с балочными конструкциями [1].

В настоящей статье рассматривается система не связанных друг с другом двухконсольных балок и полученная на ее основе многопролетная неразрезная балка переменной жесткости. Система, составленная свободными двухконсольными балками (рис. 1, а), нагружена равномерно распределенной нагрузкой, равной $v = q + p$, где q и p — постоянная и временная нагрузки. Расчетная схема отдельной двухконсольной балки и эпюра изгибающих моментов представлены на рис. 1, б. В этой схеме в зоне расположения консолей нагрузка равна половине ($0,5v$) от полной нагрузки (v). На рис. 1, в приведена расчетная схема половины балки до оси симметрии.

Если рассматривать двухконсольную балку отдельно, то ее можно оп-

тимизировать по критерию выравнивания опорного и пролетного изгибающих моментов. Тогда оптимальный вылет консоли $l_{к, опт}$ или

$$\Delta_{опт} = \frac{l_{к, опт}}{l}$$

определяется условием $M_{оп} = M_{пр}$.

Опорный и пролетный изгибающие моменты равны

$$M_{оп} = 0,5v \frac{l_k^2}{2} = \frac{1}{4} v \cdot l_k^2 = \frac{1}{4} v \cdot l^2 \cdot \Delta^2,$$

$$\begin{aligned} M_{пр} &= \left(\frac{v \cdot l}{2} - 0,5v \cdot 2l_k \right) \frac{l}{2} - \\ &- v(0,5l - l_k)^2 \cdot \frac{1}{2} = \frac{v \cdot l^2}{4} - \frac{v \cdot l_k \cdot l}{2} - \\ &- \frac{v}{2} (0,25l^2 - 2 \cdot 0,5 \cdot l \cdot l_k + l_k^2) = \\ &= \frac{v \cdot l^2}{2} \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{4} - \Delta^2 \right) = \\ &= \frac{v \cdot l^2}{2} \left(\frac{1}{4} - \Delta^2 \right). \end{aligned}$$

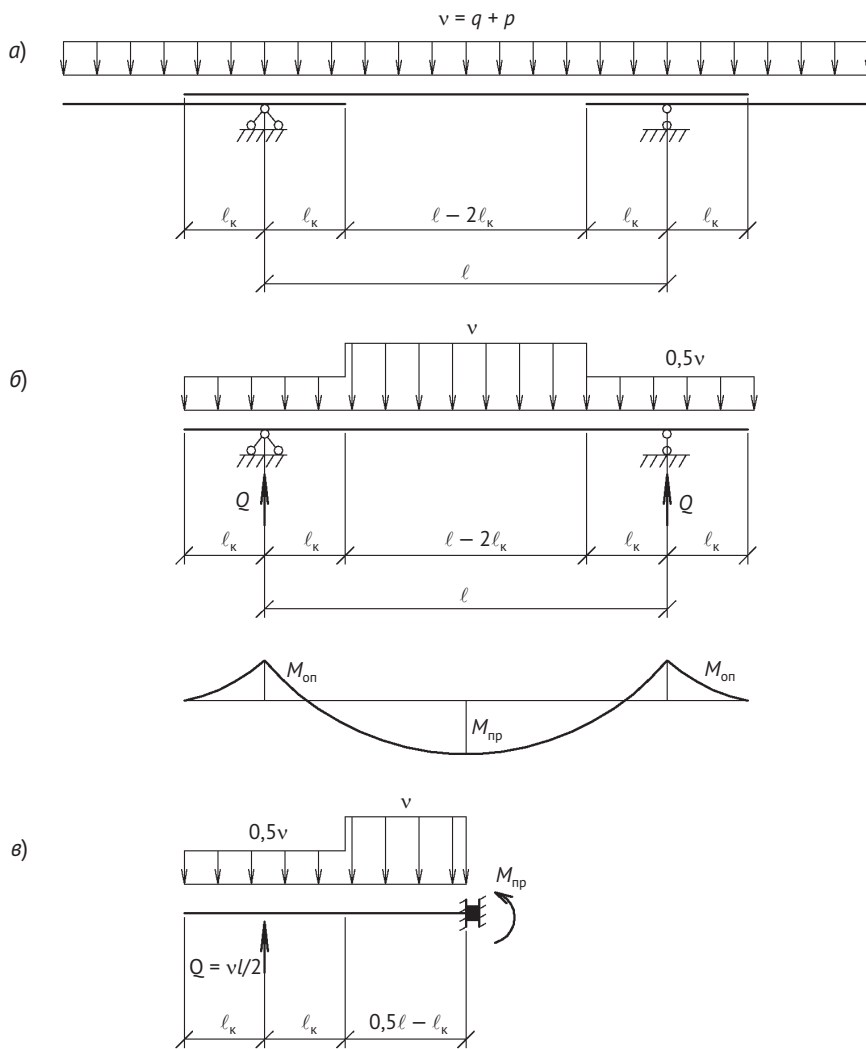


Рис. 1. Расчетные схемы

- а – системы свободных двухконсольных балок;
- б – отдельной двухконсольной балки и эпюра изгибающих моментов;
- в – расчетная схема половины двухконсольной балки до оси симметрии

Условие оптимальности вылета консоли

$$M_{\text{оп}} = M_{\text{пр}} : \frac{1}{4} v \cdot l^2 \cdot \Delta_{\text{опт}}^2 = \frac{v \cdot l^2}{2} \left(\frac{1}{4} - \Delta_{\text{опт}}^2 \right)$$

или

$$\frac{1}{2} \Delta_{\text{опт}}^2 - \frac{1}{4} + \Delta_{\text{опт}}^2 = \Delta_{\text{опт}}^2 - \frac{1}{2} + 2\Delta_{\text{опт}}^2 = 3\Delta_{\text{опт}}^2 - \frac{1}{2} = 0,$$

откуда

$$\Delta_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{1}{6}} = 0,408.$$

Проверка правильности вычислений:

$$M_{оп} = \frac{1}{4} v \cdot l^2 \Delta_{оп}^2 = \frac{1}{24} v \cdot l^2$$

$$\text{и } M_{пр} = \frac{v \cdot l^2}{2} \left(\frac{1}{4} - \Delta_{оп}^2 \right) =$$

$$= \frac{v \cdot l^2}{2} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{6} \right) = \frac{1}{24} v \cdot l^2.$$

Таким образом, расчетный изгибающий момент двухконсольной балки может быть снижен в три раза по сравнению с простой балкой, у которой расчетный изгибающий момент равен

$$M_6 = \frac{1}{8} v \cdot l^2$$

— балочный момент. Но при этом вылет двух консолей составляет $2 \cdot 0,408l = 0,816l$, то есть почти весь пролет балки. Отсюда вывод: сами по себе свободные двухконсольные балки в данной системе малоэффективны.

Эффект двухконсольных балок здесь в полной мере проявляется, если консоли жестко скрепить со смежными балками с исключением взаимных сдвигов. При этом образуется многопролетная неразрезная балка с удвоенной жесткостью в пределах консолей, то есть в опорных зонах балки (рис. 2). Данная система принципиально новая, поэтому для нее необходимо создать инженерную методику расчета. Для этого анализируются четыре схемы загрузки балки (рис. 3).

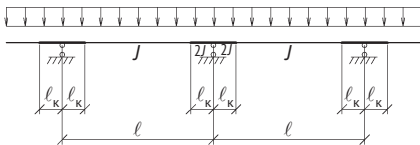


Рис. 2. Многопролетная неразрезная балка переменной жесткости, образованная жестким скреплением консолей со смежными балками

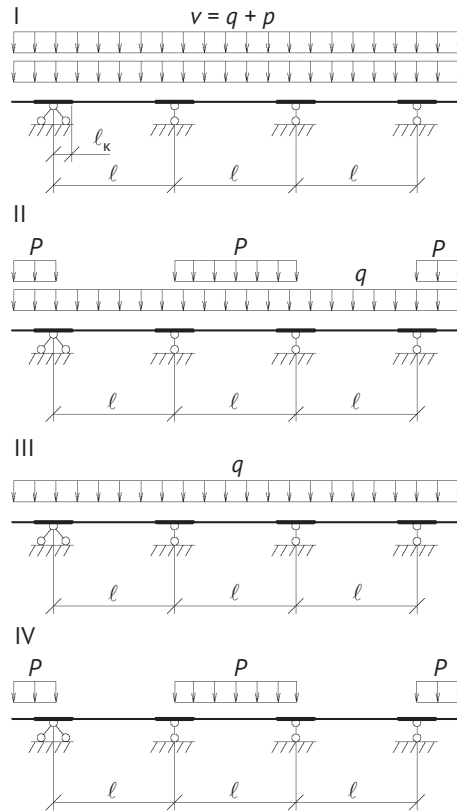


Рис. 3. Схемы загрузки балки I — постоянная q и сплошная временная p нагрузки; II — постоянная и временная через пролет нагрузки; III — постоянная нагрузка; IV — временная нагрузка через пролет

Загрузка сплошной нагрузкой (по рис. 3, схеме I или III)

Для расчета выделяют элементарный (типовой) участок балки (рис. 4). По правилу симметрии преобразуют расчетную схему (рис. 4, б). Расчет выполняют методом сил. Эквивалентная и основная система метода сил представлены на рис. 4, в, г, а на рис. 4, д, е, ж — грузовая, единичная и окончателная эпюры изгибающих моментов соответственно. Условие эквивалентности имеет вид

$$\delta_{11} \cdot X + \Delta_{1p} = 0, \quad (1)$$

откуда $X = M_{пр,1} = -\Delta_{1p} / \delta_{11}.$ (2)

Для определения перемещений δ_{11} и Δ_{1p} вычисляют интеграл Мора по способу Верещагина. Для этого строят единичную (рис. 4, е) и грузовую (рис. 4, д) эпюры и перемножают их.

Решение интеграла Мора для δ_{11} имеет вид (жесткость EI опускают и вводят $\Delta = l_k/l$)

$$\delta_{11} = \frac{l_k}{2} + (0,5l - l_k) = \frac{l_k}{2} + 0,5l - l_k = (0,5l_k + 0,5l - l_k) = \frac{l}{2} \left(1 - \frac{l_k}{l} \right) = \frac{l}{2} (1 - \Delta).$$

По грузовой эпюре необходимо определить момент в защемлении и момент в месте смены жесткостей балки и их разницу (рис. 4, д):

$$M_{\text{он}}^p = \frac{v(0,5l)^2}{2} = 0,125v \cdot l^2 = M_{6,1},$$

$$\begin{aligned} M_k^p &= \frac{v(0,5l - l_k)^2}{2} = \frac{v \cdot l^2}{2} (0,5 - \Delta)^2 = \frac{v \cdot l^2}{2} (0,25 - \Delta + \Delta^2) = \\ &= 4M_{6,1}(0,25 - \Delta + \Delta^2) = M_{6,1}(1 - 4\Delta + 4\Delta^2), \text{ где } M_{6,1} = 0,125 \cdot v \cdot l^2, \end{aligned}$$

$$M_{\text{он}}^p - M_k^p = M_6 - M_6(1 - 4\Delta + 4\Delta^2) = M_6(\cancel{1} - \cancel{1} + 4\Delta - 4\Delta^2) = 4M_6(\Delta - \Delta^2).$$

Решение интеграла Мора для свободного члена Δ_{1p} имеет вид

$$\begin{aligned} \Delta_{1p} &= \overbrace{M_k^p \cdot l_k \cdot \frac{1}{2}}^{\text{1}} + \overbrace{(M_{\text{он}}^p - M_k^p) \cdot l_k \cdot \frac{1}{3 \cdot 2}}^{\text{2}} + \overbrace{M_k^p(0,5l - l_k) \cdot \frac{1}{3}}^{\text{3}} = \\ &= \left. \begin{aligned} \text{1: } &M_{6,1}(1 - 4\Delta + 4\Delta^2)l_k \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{2}M_{6,1} \cdot l \cdot \Delta(1 - 4\Delta + 4\Delta^2); \\ \text{2: } &4M_{6,1}(\Delta - \Delta^2)l_k \cdot \frac{1}{6} = \frac{2}{3}M_{6,1} \cdot l_k(\Delta - \Delta^2) = \frac{2}{3}M_{6,1} \cdot l \cdot \Delta(\Delta - \Delta^2) = \\ &= \frac{2}{3}M_{6,1} \cdot l(\Delta^2 - \Delta^3); \\ \text{3: } &M_{6,1}(1 - 4\Delta + 4\Delta^2)(0,5l - l_k) \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{3}M_{6,1} \cdot l(1 - 4\Delta + 4\Delta^2)(0,5 - \Delta) \end{aligned} \right\} = \\ &= M_{6,1} \cdot l \left[\frac{1}{2}\Delta(1 - 4\Delta + 4\Delta^2) + \frac{2}{3}\Delta(\Delta - \Delta^2) + \frac{1}{3}(1 - 4\Delta + 4\Delta^2)(0,5 - \Delta) \right] = \\ &= M_{6,1} \cdot l \left[(1 - 4\Delta + 4\Delta^2) \left(\frac{1}{2}\Delta + \frac{1}{6} - \frac{1}{3}\Delta \right) + \frac{2}{3}\Delta(\Delta - \Delta^2) \right] = \\ &= M_{6,1} \cdot l \left(\frac{1}{2}\Delta - \cancel{2\Delta^2} + \cancel{2\Delta^3} + \frac{1}{6} - \frac{2}{3}\Delta + \frac{2}{3}\Delta^2 - \frac{1}{3}\Delta + \frac{4}{3}\Delta^2 - \frac{4}{3}\Delta^3 + \frac{2}{3}\Delta^2 - \frac{2}{3}\Delta^3 \right) = \\ &= M_{6,1} \cdot l \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{2}\Delta + \frac{2}{3}\Delta^2 \right) = \frac{M_{6,1} \cdot l}{6} (1 - 3\Delta + 4\Delta^2). \end{aligned}$$

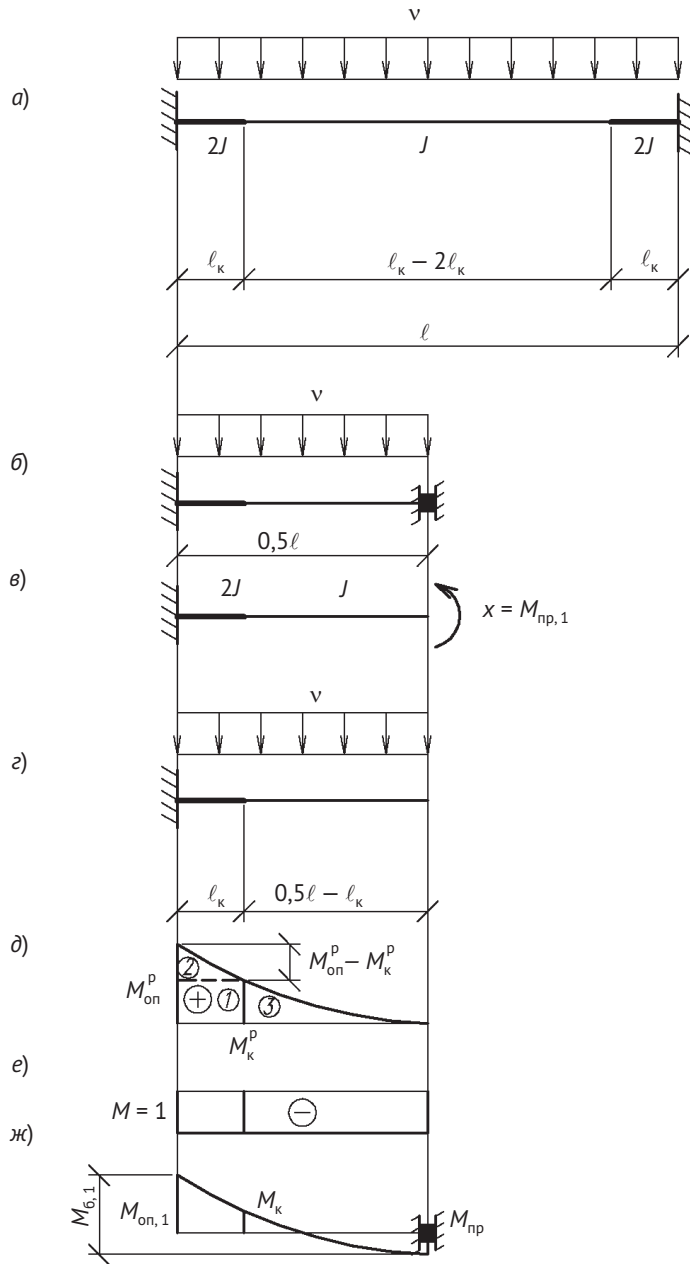


Рис. 4. Элементарный участок многопролетной балки
 а – расчетная схема; б – преобразованная схема;
 в – эквивалентная система метода сил;
 г – основная система метода сил; д – грузовая эпюра моментов;
 е – единичная эпюра моментов; ж – окончательная эпюра моментов

Подставляя в последнее выражение (2) полученные значения перемещений, получают

$$\begin{aligned} M_{np,I} &= X = \frac{\Delta_{1p}}{\delta_{11}} = \frac{M_{6,I} \cdot l(1 - 3\Delta + 4\Delta^2) \cdot 2}{6 \cdot l(1 - \Delta)} = \\ &= \frac{1}{3} M_{6,I} \frac{1 - 3\Delta + 4\Delta^2}{1 - \Delta} = M_{6,I} \frac{1 - 3\Delta + 4\Delta^2}{3(1 - \Delta)}, \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} M_{on,I} &= M_{6,I} - M_{np,I} = M_{6,I} \left(1 - \frac{1 - 3\Delta + 4\Delta^2}{3(1 - \Delta)} \right) = M_{6,I} \left(\frac{3 - 3\Delta - 1 + 3\Delta - 4\Delta^2}{3(1 - \Delta)} \right) = \\ &= M_{6,I} \left(\frac{2 - 4\Delta^2}{3(1 - \Delta)} \right) = \frac{2}{3} M_{6,I} \left(\frac{1 - 2\Delta^2}{1 - \Delta} \right). \end{aligned} \quad (4)$$

Знаки изгибающих моментов приняты по модулю, за положительное значение момента принимают растяжение нижней зоны балки.

Проверкой правильности выполненных вычислений является определение опорных и пролетных моментов при $\Delta = 0$ и $\Delta = 0,5$, то есть при постоянном сечении:

$$\text{при } \Delta = 0: M_{on,I} = \frac{2}{3} M_{6,I}; \text{ при } \Delta = 0,5: M_{on,I} = \frac{2}{3} M_{6,I} \left(\frac{1 - 2 \cdot 0,5^2}{1 - 0,5} \right) = \frac{2}{3} M_{6,I};$$

$$\text{при } \Delta = 0: M_{np,I} = \frac{1}{3} M_{6,I}; \text{ при } \Delta = 0,5: M_{np,I} = M_{6,I} \frac{1 - 3 \cdot 0,5 + 4 \cdot 0,5^2}{3(1 - 0,5)} = \frac{1}{3} M_{6,I}.$$

Выполненные вычисления верны.

Изгибающий момент в начале консоли для случая $q = v$ равен

$$\begin{aligned} M_{к,I} &= M_{on,I} - \frac{v \cdot l}{2} l_k + \frac{v \cdot l_k^2}{2} = \frac{2}{3} M_{6,I} \left(\frac{1 - 2\Delta^2}{1 - \Delta} \right) - \frac{v \cdot l^2}{2} \Delta + \frac{v \cdot l^2}{2} \Delta^2 = \\ &= M_{6,I} \frac{2}{3} \left(\frac{1 - 2\Delta^2}{1 - \Delta} \right) - 4M_{6,I} \cdot \Delta + 4M_{6,I} \cdot \Delta^2 = M_{6,I} \left(\frac{2 - 4\Delta^2}{3 - 3\Delta} - 4\Delta + 4\Delta^2 \right) = \\ &= M_{6,I} \frac{(2 - 4\Delta^2 - 12\Delta + 12\Delta^2 + 12\Delta^2 - 12\Delta^3)}{3(1 - \Delta)} = M_{6,I} \frac{2 - 12\Delta + 20\Delta^2 - 12\Delta^3}{3(1 - \Delta)} = \\ &= M_{6,I} \frac{2(1 - 6\Delta + 10\Delta^2 - 6\Delta^3)}{3(1 - \Delta)}. \end{aligned}$$

$$Q_{к,I} = Q_{6,I} - v \cdot l_k = \frac{v \cdot l}{2} - v \cdot l \cdot \Delta = Q_{6,I}(1 - 2\Delta).$$

Относительный вылет консоли Δ при условии равенства изгибающего момента в начале консоли пролетному изгибающему моменту $M_{к,I} = |M_{np,I}|$.

$$M_{6,I} \frac{2(1 - 6\Delta + 10\Delta^2 - 6\Delta^3)}{3(1 - \Delta)} = M_{6,I} \frac{1 - 3\Delta + 4\Delta^2}{3(1 - \Delta)}.$$

$$2 - 12\Delta + 20\Delta^2 - 12\Delta^3 - 1 + 3\Delta - 4\Delta^2 = 0.$$

$$1 - 9\Delta + 16\Delta^2 - 12\Delta^3 = 0.$$

Уравнение вручную не раскрывается. В нашем случае оно рассчитано по программе на ЭВМ и получено действительное значение $\Delta = 0,144$.

Проверка:

$$1 - 9 \cdot 0,144 + 16 \cdot 0,144^2 - 12 \cdot 0,144^3 = 0.$$

Рассчитано верно.

Относительную ординату сечения балки с нулевым моментом Δ_0 находят из условия

$$\begin{aligned} M_{оп, I} - \frac{v \cdot l}{2} l_0 + \frac{v \cdot l_0^2}{2} &= \\ = M_{оп, I} - 4M_{6, I} \Delta_0 + 4M_{6, I} \Delta_0^2 &= \\ = M_{оп, I} - 4M_{6, I} (\Delta_0 + \Delta_0^2) &= 0. \end{aligned}$$

Отсюда $\frac{M_{оп, I}}{4M_{6, I}} - \Delta_0 + \Delta_0^2 = 0.$

$$\Delta_{0, I} = \frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{1}{4} \cdot \frac{M_{оп, I}}{M_{6, I}}}$$

или

$$\Delta_{0, I} = 0,5 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_{оп, I}}{M_{6, I}}} \right).$$

Загрузка временной прерывистой нагрузкой через пролет (схема IV на рис. 3)

Расчетная схема приведена на рис. 5, а. Для расчета выделяют элементарный участок балки (рис. 5, б), задачу определения усилий решают методом сил. Для этого составляют эквивалентную (рис. 5, в) и основную (рис. 5, г) системы метода сил. Далее вычисляют грузовую (рис. 5, д), единичную (рис. 5, е) и окончательную (рис. 5, ж) эпюры моментов. Грузовая эпюра (рис. 5, д) расчленяется на характерные участки 1–5 для перемножения эпюр методом Верещагина.

Условие эквивалентности

$$\delta_{11} \cdot X + \Delta_{1p} = 0.$$

Откуда $X = -\Delta_{1p} / \delta_{11}.$

Для определения перемещений δ_{11} и Δ_{1p} вычисляют интеграл Мора по способу Верещагина. Для этого строят грузовую (рис. 5, д) и единичную (рис. 5, е) эпюры и перемножают их по элементарным участкам 1–5.

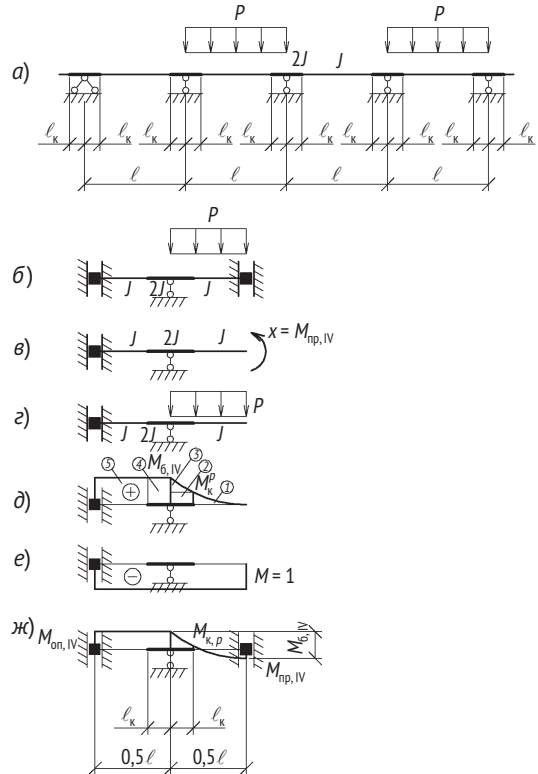


Рис. 5. Загрузка балки прерывистой временной нагрузкой через пролет а – расчетная схема; б – преобразование расчетной схемы; в – эквивалентная система метода сил; г – основная система метода сил; д – грузовая эпюра моментов; е – единичная эпюра моментов; ж – окончательная эпюра моментов

Решение интеграла Мора для δ_{11} принимает вид

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= \frac{2 \cdot l_k \cdot 1 \cdot 1}{2EJ} + \frac{2(0,5l - l_k) \cdot 1 \cdot 1}{EJ} = \\ &= l_k + l - 2l_k = l(1 - \Delta). \end{aligned}$$

По грузовой эпюре необходимо определить момент в месте вертикальной опоры и момент в месте смены жесткостей балки (рис. 5, д).

$$M_{6, IV} = \frac{p(0,5l)^2}{2} = 0,125p \cdot l^2;$$

$$M_k^p = \frac{p(0,5l - l_k)^2}{2} = \frac{p}{2}(0,25l^2 - l \cdot l_k + l_k^2) = \frac{p \cdot l^2}{8}(1 - 4\Delta + 4\Delta^2) = M_{6, IV}(1 - 4\Delta + 4\Delta^2);$$

$$M_{6, IV} - M_k^p = M_{6, IV} - M_{6, IV}(1 - 4\Delta + 4\Delta^2) = M_{6, IV}(1 - 1 + 4\Delta - 4\Delta^2) = 4M_{6, IV}(\Delta - \Delta^2).$$

Решение интеграла Мора для Δ_{1p} имеет вид (EJ опускают) по участкам 1–5 (см. рис. 4, д):

$$\begin{aligned} \Delta_{1p} &= \overbrace{M_k^p(0,5l - l_k) \cdot \frac{1}{3}}^{[1]} + \overbrace{M_k^p \cdot l_k \cdot \frac{1}{2}}^{[2]} + \overbrace{(M_{6, IV} - M_k^p) \cdot l_k \cdot \frac{1}{3 \cdot 2}}^{[3]} + \\ &+ \overbrace{M_{6, IV} \cdot l_k \cdot \frac{1}{2}}^{[4]} + \overbrace{M_{6, IV}(0,5l - l_k)}^{[5]} = \\ &= \left. \begin{aligned} [1]: \delta_1 &= \frac{1}{3} \cdot \frac{(0,5l - l_k)}{1J} = \frac{1}{3}l \left(\frac{1}{2} - \Delta \right) 4M_{6, IV} \left(\frac{1}{4} - \Delta + \Delta^2 \right) = \\ &= \frac{4}{3}M_{6, IV} \cdot l \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{4}\Delta - \frac{1}{2}\Delta + \Delta^2 + \frac{1}{2}\Delta^2 - \Delta^3 \right) = \frac{4}{3}M_{6, IV} \cdot l \left(\frac{1}{8} - \frac{3}{4}\Delta + \frac{3}{2}\Delta^2 - \Delta^3 \right); \\ [2]: \delta_2 &= \frac{l_k}{2J} M_k = \frac{1}{2}\Delta \cdot l \cdot 4M_{6, IV} \left(\frac{1}{4} - \Delta + \Delta^2 \right) = 2\Delta \cdot M_{6, IV} \cdot l \left(\frac{1}{4} - \Delta + \Delta^2 \right); \\ [3]: \delta_3 &= \frac{1}{3} \cdot \frac{l_k}{2J} (M_{6, IV} - M_k) = \frac{l_k}{6} \left[M_{6, IV} - 4M_{6, IV} \left(\frac{1}{4} - \Delta + \Delta^2 \right) \right] = \\ &= \frac{l}{6} \Delta \cdot M_{6, IV} (1 - 1 + 4\Delta - 4\Delta^2) = \frac{1}{6} \Delta \cdot M_{6, IV} \cdot l \cdot 4(\Delta - \Delta^2) = \frac{2}{3} \Delta \cdot M_{6, IV} \cdot l(\Delta - \Delta^2); \\ [4]: \delta_4 &= \frac{l_k}{2J} M_{6, IV} = \frac{1}{2}\Delta \cdot M_{6, IV} \cdot l; \\ [5]: \delta_5 &= (0,5l - l_k)M_{6, IV} = \left(\frac{1}{2} - \Delta \right) M_{6, IV} \cdot l \end{aligned} \right\} = \\ &= M_{6, IV} \cdot l \left[\frac{1}{6} \cancel{-\Delta + 2\Delta^2} - \frac{4}{3} \cancel{\Delta^3} + \frac{1}{2} \cancel{\Delta - 2\Delta^2 + 2\Delta^3} + \frac{2}{3} \cancel{\Delta^2} - \frac{2}{3} \cancel{\Delta^3} + \frac{1}{2} \cancel{\Delta} + \frac{1}{2} - \Delta \right] = \\ &= M_{6, IV} \cdot l \left[\frac{2}{3} - \Delta + \frac{2}{3}\Delta^2 \right]. \end{aligned}$$

В данном расчете приняты знаки единичной и грузовой эпюр одного направления, что приводит к положительному значению Δ_{1p} .

Тогда искомым неизвестный (пролетный) изгибающий момент вычисляют по формуле (2)

$$M_{np, IV} = X = \frac{\Delta_{1p}}{\delta_{11}} = M_{6, IV} \frac{\frac{2}{3} - \Delta + \frac{2}{3}\Delta^2}{1 - \Delta} = \frac{1}{3} M_{6, IV} \frac{2 - 3\Delta + 2\Delta^2}{1 - \Delta} = M_{6, IV} \frac{2 - 3\Delta + 2\Delta^2}{3(1 - \Delta)}.$$

$$M_{оп, IV} = M_{6, IV} - M_{np, IV} = M_{6, IV} \left(1 - \frac{2 - 3\Delta + 2\Delta^2}{3(1 - \Delta)} \right) =$$

$$= M_{6, IV} \left(\frac{\cancel{3 - 3\Delta} - 2 + \cancel{3\Delta} - 2\Delta^2}{3(1 - \Delta)} \right) = M_{6, IV} \frac{1 - 2\Delta^2}{3(1 - \Delta)}.$$

Проверка правильности вычислений:

$$\text{при } \Delta = 0: M_{\text{пр, IV}} = \frac{2}{3} M_{6, \text{IV}}; M_{\text{оп, IV}} = \frac{1}{3} M_{6, \text{IV}};$$

при $\Delta = 0,5$:

$$M_{\text{пр, IV}} = M_{6, \text{IV}} \left(\frac{2 - 3 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,5^2}{3(1 - 0,5)} \right) = \frac{2}{3} M_{6, \text{IV}}; M_{\text{оп, IV}} = M_{6, \text{IV}} \frac{1 - 2 \cdot 0,5^2}{3(1 - 0,5)} = \frac{1}{3} M_{6, \text{IV}}.$$

Выполненные вычисления верны.

Расчетные формулы по схемам загрузжений приведены в таблице 1.

Опорный изгибающий момент по схеме II загрузжения

$$M_{\text{оп, II}} = M_{\text{оп, III}} + M_{\text{оп, IV}} = M_{6, \text{III}} \frac{2(1 - 2\Delta^2)}{3(1 - \Delta)} + M_{6, \text{IV}} \frac{(1 - 2\Delta^2)}{3(1 - \Delta)}.$$

Заменяют $M_{6, \text{IV}} = n \cdot M_{6, \text{III}}$ и получают

$$\begin{aligned} M_{\text{оп, II}} &= M_{6, \text{III}} \left[\frac{2(1 - 2\Delta^2)}{3(1 - \Delta)} + n \frac{(1 - 2\Delta^2)}{3(1 - \Delta)} \right] = M_{6, \text{III}} \left[\frac{2(1 - 2\Delta^2) + n(1 - 2\Delta^2)}{3(1 - \Delta)} \right] = \\ &= M_{6, \text{III}} \frac{(1 - 2\Delta^2)(2 + n)}{3(1 - \Delta)} = M_{6, \text{I}} \frac{(1 - 2\Delta^2)(2 + n)}{3(1 + n)(1 - \Delta)}. \end{aligned}$$

Пролетный изгибающий момент по схеме II загрузжения

$$M_{\text{пр, II}} = M_{\text{пр, III}} + M_{\text{пр, IV}} = M_{6, \text{III}} \frac{1 - 3\Delta + 4\Delta^2}{3(1 - \Delta)} + M_{6, \text{IV}} \frac{2 - 3\Delta + 2\Delta^2}{3(1 - \Delta)}.$$

Заменяют $M_{6, \text{IV}} = n \cdot M_{6, \text{III}}$ и получают

$$\begin{aligned} M_{\text{пр, II}} &= M_{6, \text{III}} \left[\frac{1 - 3\Delta + 4\Delta^2}{3(1 - \Delta)} + n \frac{2 - 3\Delta + 2\Delta^2}{3(1 - \Delta)} \right] = \\ &= M_{6, \text{III}} \left(\frac{1 - 3\Delta + 4\Delta^2 + n(2 - 3\Delta + 2\Delta^2)}{3(1 - \Delta)} \right) = M_{6, \text{I}} \left(\frac{1 - 3\Delta + 4\Delta^2 + n(2 - 3\Delta + 2\Delta^2)}{3(1 + n)(1 - \Delta)} \right). \end{aligned}$$

Изгибающий момент в начале консоли по схеме II загрузжения в расчетном пролете с полной нагрузкой v

$$M_{\text{к, II}} = M_{\text{оп, II}} - \frac{v \cdot l}{2} l_{\text{к}} + \frac{v \cdot l_{\text{к}}^2}{2} = M_{\text{оп, II}} - 4M_{6, \text{I}} \Delta + 4M_{6, \text{I}} \Delta^2 = M_{\text{оп, II}} - 4M_{6, \text{I}} \Delta (1 - \Delta).$$

Относительная ордината сечения балки с нулевым моментом по схеме II загрузжения в пролете с полной нагрузкой v


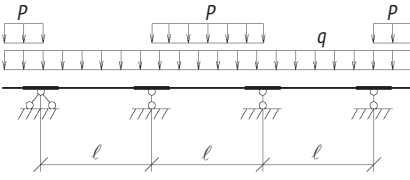
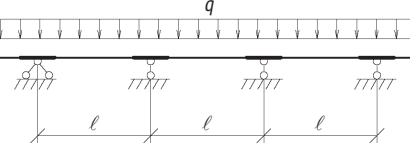
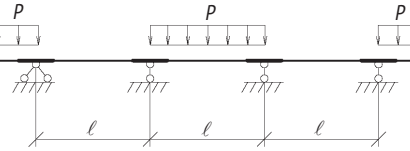
Ординату находят из условия

$$M_{\text{оп, II}} - 4M_{6, \text{I}} \Delta_0 (1 - \Delta_0) = M_{\text{оп, II}} - 4M_{6, \text{I}} \Delta_0 + 4M_{6, \text{I}} \Delta_0^2 = 0$$

или $\Delta_0^2 - \Delta_0 + \frac{M_{оп, II}}{4M_{6, I}} = 0$. Откуда $\Delta_0 = \frac{1}{2} - \sqrt{\frac{1}{4} - \frac{M_{оп, II}}{4M_{6, I}}} = \frac{1}{2} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_{оп, II}}{M_{6, I}}} \right)$.

Таблица 1

Расчетные формулы по схемам загрузки

№ и схема загрузки балки	Формулы усилий
<p>I</p>  <p>Обозначения величин</p>	$M_{6, I} = v \cdot \frac{l^2}{8}; Q_{6, I} = v \cdot \frac{l}{2};$ $M_{оп, I} = M_{6, I} \left(\frac{2(1-2\Delta^2)}{3(1-\Delta)} \right);$ $M_{нр, I} = M_{6, I} \left(\frac{1-3\Delta+4\Delta^2}{3(1-\Delta)} \right);$ $M_{к, I} = M_{6, I} \left(\frac{2(1-6\Delta+10\Delta^2-6\Delta^3)}{3(1-\Delta)} \right);$ $M_{к, I} = M_{нр, I} \text{ при } \Delta = 0,144$ $Q_{к, I} = Q_{6, I}(1-2\Delta);$ $\Delta_{0, I} = 0,5 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_{оп, I}}{M_{6, I}}} \right)$
<p>II</p> 	$M_{оп, II} = M_{6, III} \left[\frac{(1-2\Delta^2)(2+n)}{3(1-\Delta)} \right];$ $M_{нр, II} = M_{6, III} \frac{1-3\Delta+4\Delta^2+n(2-3\Delta+2\Delta^2)}{3(1-\Delta)};$ $M_{к, II} = M_{оп, II} - 4M_{6, I}\Delta(1-\Delta);$ $\Delta_{0, II} = 0,5 \left(1 - \sqrt{1 - \frac{M_{оп, II}}{M_{6, I}}} \right)$
<p>III</p> 	$M_{6, III} = q \cdot \frac{l^2}{8} = \frac{M_{6, I}}{1+n};$ $Q_{6, III} = q \cdot \frac{l}{2} = \frac{Q_{6, I}}{1+n}.$
<p>IV</p> 	$M_{6, IV} = P \cdot \frac{l^2}{8} = \frac{n \cdot M_{6, I}}{1+n};$ $Q_{6, IV} = P \cdot \frac{l}{2} = \frac{n \cdot Q_{6, I}}{1+n};$ $M_{оп, IV} = M_{6, IV} \frac{1-2\Delta^2}{3(1-\Delta)};$ $M_{нр, IV} = M_{6, IV} \frac{2-3\Delta+2\Delta^2}{3(1-\Delta)}$

$\Delta = \frac{l_k}{l}; \Delta_0 = \frac{l_0}{l}; n = \frac{P}{q}$, где l_0 — расстояние от опоры до сечения с нулевым моментом; расчетный пролет — средний

$$K_{оп} = \frac{M_{оп, I}}{M_{оп}} \text{ и } K_{пр} = \frac{M_{пр, I}}{M_{пр}}$$

Составляющие соотношений:

$$M_{оп} = \frac{2}{3} M_{6, I} \text{ и } M_{пр} = \frac{1}{3} M_{6, I}$$

— опорный и пролетный изгибающие моменты в балке постоянного сечения с защемленными концами, т.е. при $\Delta = 0$ или $\Delta = 0,5$ $M_{оп, I}$ и $M_{пр, I}$ — опорные и пролетные изгибающие моменты в балке переменной жесткости (схема I, таблица 1). Рассматривается схема I таблицы 1 загрузки полной равномерно-распределенной нагрузкой.

Раскрыв значения формул, получают

$$\frac{M_{оп, I}}{M_{оп}} = \frac{1 - 2\Delta^2}{1 - \Delta} = K_{оп};$$

$$\frac{M_{пр, I}}{M_{пр}} = \frac{1 - 3\Delta + 4\Delta^2}{1 - \Delta} = K_{пр}.$$

Здесь $M_{оп} = \frac{2}{3} M_6$ и $M_{пр} = \frac{1}{3} M_6$ —

изгибающие моменты в простой балке с защемленными концами.

Экстремум определится условием $K'_{оп} = 0$ или

$$\left(\frac{1 - 2\Delta^2}{1 - \Delta} \right)' = (1 - \Delta)(-4\Delta) - (1 - 2\Delta^2)(-1) = -4\Delta + 4\Delta^2 + 1 - 2\Delta^2 = 2\Delta^2 - 4\Delta + 1 = 0.$$

Получают уравнение $\Delta^2 - 2\Delta + 0,5 = 0$, решая которое имеют:

$$\Delta_{3,1,2} = 1 \pm \sqrt{1 - 0,5} = 1 \pm 0,707,$$

откуда реальное значение $\Delta_3 = 0,293 \approx 0,3$.

Значения коэффициентов $K_{оп}$ и $K_{пр}$ приведены в таблице 2 и на рис. 6.

Коэффициенты

Δ	$K_{оп}$	$K_{пр}$
0	1	1
0,1	1,09	0,82
0,13	1,11	0,78
0,2	1,15	0,70
0,3	1,17	0,66
0,4	1,13	0,73
0,5	1	1

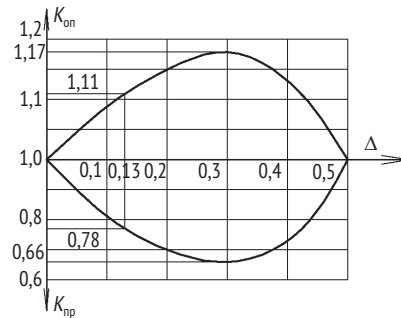


Рис. 6. Графики изменения $M_{оп}$ и $M_{пр}$ в зависимости от Δ

Из расчетов и графиков следует, что эпюра изгибающих моментов в балке переменной жесткости поднимается вверх по мере увеличения вылета консоли (Δ) за счет увеличения опорных моментов максимум на 17% и уменьшения пролетного момента максимум на 34% по сравнению с усилиями в балке постоянного сечения ($\Delta = 0$, $\Delta = 0,5$). Это происходит до значения $\Delta = 0,3$, после чего значения опорного момента уменьшаются, а значения пролетного момента увеличиваются до соответствующих моментов в простой балке с защемленными концами.

Анализ соотношения момента в начале консоли ($M_{к, I}$) к пролетному моменту ($M_{пр, I}$)

Соотношение моментов равно

$$\frac{M_{к, I}}{M_{пр, I}} = \frac{2(1 - 6\Delta + 10\Delta^2 - 6\Delta^3)}{1 - 3\Delta + 4\Delta^2}.$$

Характерные точки графика (рис. 7):

при $\Delta = 0,144$ $M_{к, I} = M_{пр, I}$;

при $\Delta = 0,13$ $M_{к, I}/M_{пр, I} = 1,11$ — близко к коэффициенту пластичности $c_X \approx 1,12$, т.е. в этом случае рационально учесть пластическую стадию работы;

при $\Delta = 0,11$ $M_{к, I}/M_{пр, I} = 1,26$; $\Delta_0 = l_0/l$, где l_0 — координата сечения с нулевым изгибающим моментом по таблице 1.

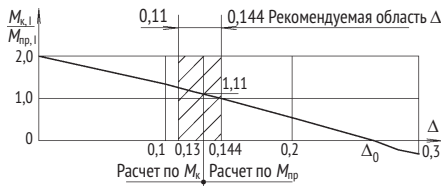


Рис. 7. График соотношения консольного момента (M_k) к пролетному в зависимости от относительного вылета консоли ($\Delta = l_k/l$) при постоянной нагрузке

При $\Delta > 0,13$ сечение балки подбирается по пролетному моменту в упругой стадии работы стали (1 тип конструкций).

При $\Delta \leq 0,13$ сечение балки подбирается по половинному значению опорного момента с учетом пластической стадии работы стали (2-й и 3-й тип конструкций).

Относительный вылет консоли рекомендуется принимать в пределах $0,11 \leq \Delta \leq 0,144$.

Анализ соотношения половины опорного момента по схеме I и пролетного момента по схеме II

$$K_{оп} = \frac{0,5M_{оп, I}}{M_{пр, II}} = \frac{(1 - 2\Delta^2)(1 + n)}{1 - 3\Delta + 4\Delta^2 + n(2 - 3\Delta + 2\Delta^2)}$$

Здесь выполнена замена

$$M_{6, III} = \frac{M_{6, I}}{1 + n}$$

Результаты анализа представлены в таблице 3 и графически на рис. 8.

Таблица 3

Соотношение $K_{оп}$			
Δ	$K_{оп}$	$n = \frac{p}{q}$	$K_{пр}$
0 (0,5)	$\frac{1+n}{1+2n}$	0	1,00
		0,2	0,86
		1,0	0,67
0,1	$\frac{0,99(1+n)}{0,74+1,72n}$	2,0	0,60
		0	1,33
		0,2	1,10
0,15	$\frac{0,955(1+n)}{0,64+1,6n}$	1,0	0,80
		2,0	0,70
		0	1,50
0,2	$\frac{0,92(1+n)}{0,56+1,48n}$	0,2	1,20
		1,0	0,85
		2,0	0,75
0,2	$\frac{0,92(1+n)}{0,56+1,48n}$	0	1,64
		0,2	1,30
		1,0	0,90
0,2	$\frac{0,92(1+n)}{0,56+1,48n}$	2,0	0,80

p и q — соответственно временная и постоянная нагрузки

Из таблицы 3 и рис. 8 следует, что при доле временной нагрузки до значения $p \approx q$ расчетные значения моментов находятся на опоре балки, а по мере увеличения доли временной нагрузки расчетные значения моментов переходят в пролет балки и, соответственно, снижается эффективность многопролетной балки переменного сечения.

Использование работы стали в пластической стадии расширяет области расположения расчетного сечения на опоре или в пролете.

Взаимодействие консоли со смежной балкой

Анализ взаимодействия консоли со смежной балкой необходим для определения усилий крепления консоли к смежной балке.

Расчетная схема и эпюры усилий (« M » и « Q ») в объединенной системе

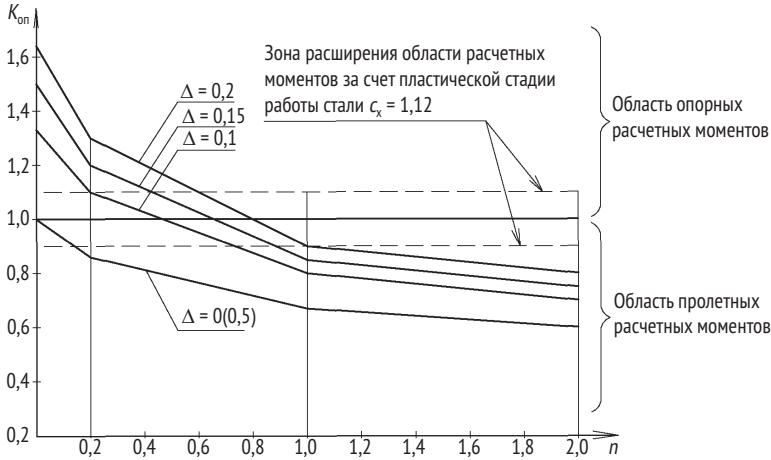


Рис. 8. Графики соотношения опорного и пролетного изгибающих моментов

приведены на рис. 9, а аналитические выражения усилий — в таблице 1. Расчетная схема и эпюры усилий в элементах разъединенной системы приведены на рис. 10, из которой вытекает следующее:

- жесткость консоли и смежной балки одинакова и равна J ;
- жесткость условной стойки между консолью и смежной балкой равна бесконечности ∞ ;
- нагрузка (v) распределяется между консолью и смежной балкой

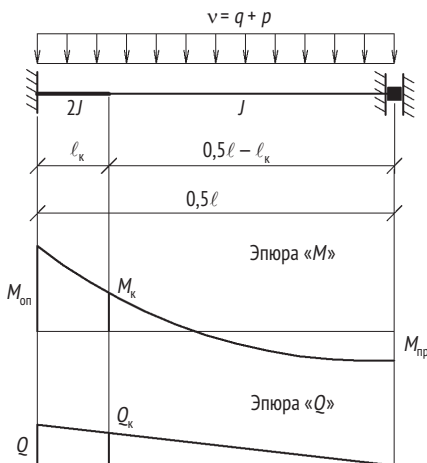


Рис. 9. Расчетная схема и эпюры усилий в объединенной схеме (в балке)

в пределах консоли поровну, т.е. по $0,5v$, так же поровну распределяются и усилия ($M_{оп}$, M_k , Q и Q_k) между консолью и смежной балкой по $0,5M_{оп}$; $0,5M_k$, $0,5Q$ и $0,5Q_k$.

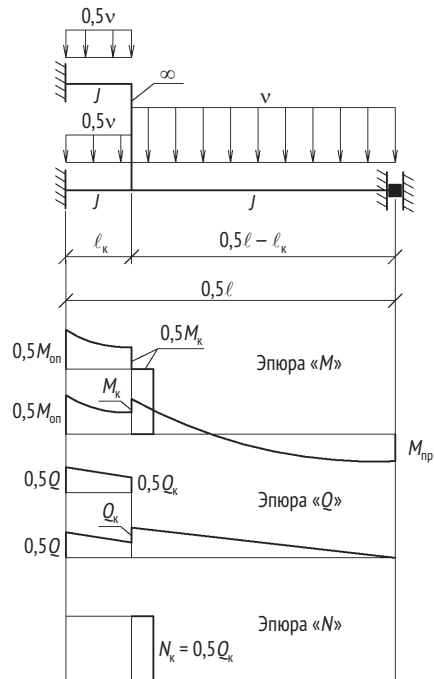


Рис. 10. Расчетные схемы и эпюры усилий в элементах разъединенных смежной балки и консоли

Из анализа эпюр усилий на рис. 10 следует, что консоль следует прикрепить к смежной балке на усилия, равные $M = 0,5M_k$ и $Q = 0,5Q_k$.

Рациональность неразрезной балки переменного сечения

Одним из показателей рационального использования стали в балках может быть форма и площадь эпюры материалов (рис. 11). Для сравнительной оценки степени рациональности балок вводят понятие «коэффициент иррациональности η », равный отношению площади эпюры материалов A_M (со стороны растянутого волокна балки; на рис. 11 заштрихована) к площади прямоугольника, в который вписана эпюра изгибающих моментов простой балки, то есть

$$\eta = \frac{A_M}{M_6 \cdot l}$$

Эпюра материалов — эпюра несущей способности стали, нанесенная на эпюру изгибающих моментов и отложенная со стороны растянутого волокна.

Эпюры моментов и материалов для балок ряда конструкций, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой представлены на рис. 11, а. Для простой балки $\eta = 0,333$, то есть две трети прямоугольника занимает эпюра изгибающих моментов, а одну треть — эпюра неиспользуемого материала A_M балки. Максимальное значение коэффициента (рис. 11, в) иррациональности $\eta = 0,4$, хотя она эффективнее простой балки, так как расчетный изгибающий момент у нее на одну треть меньше расчетного момента простой балки. Высокое значение η у неразрезной балки обусловлено тем, что средняя часть балки нагружена только наполовину, то есть материал балки используется нерационально. У шарнирно-консольной балки (рис. 11, г) коэффициент иррациональности η существенно меньше ($\eta = 0,19$) благодаря

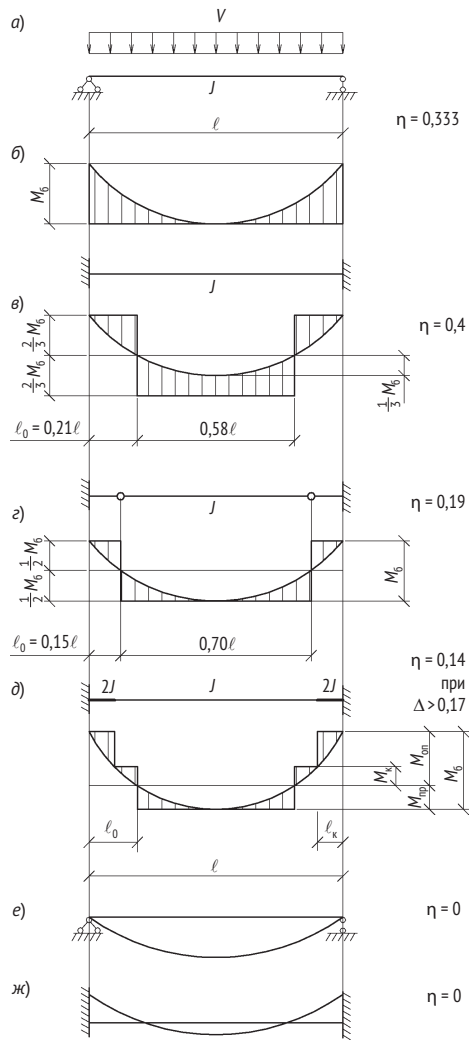


Рис. 11. Коэффициент η степени отклонения эпюры материала от эпюры изгибающего момента балки
 а — схема нагрузки; б — простая балка; в — балка постоянного сечения с защемленными концами; г — шарнирно-консольная балка; д — балка переменного сечения с защемленными концами; е, ж — балки, форма которых повторяет очертание эпюры изгибающих моментов

тому, что соответствующим выбором вылета консоли выравнивают опорный и пролетный моменты. Это, во-первых, вдвое уменьшает расчетный изгибающий момент, чем у простой балки, во-вторых, обеспечивая более равномерное загрузение

балки по длине. У новой балки обеспечивается еще более равномерное загрузление по длине и коэффициент иррациональности снизился до значения $\eta = 0,14$ (рис. 11, д). Для балок известных конструкций это, пожалуй, самый низкий коэффициент. Теоретически этот коэффициент может быть и нулевым, если форма балок будет повторять очертание изгибающих моментов (рис. 11, е, ж).

Таким образом, в рассмотренной балке материал используется намного полней по сравнению с балками реальных конструкций, что обеспечивает ее эффективность.

Выводы

1. Получены аналитические выражения, позволяющие выполнить расчет и анализ НДС неразрезной балки переменного сечения принципиально новой конструкции.
2. Технический и экономический эффект балки обеспечивается рациональным размещением конструкционного материала по длине балки, что продемонстрировано сравнительными эпюрами материалов различных балок.
3. Определены рациональные параметры балок. ■

Литература

1. Ягофаров Х., Ягофаров А. Х., Разумов А. Б. Оптимизация консольно-балочных систем // Вестник УрГУПС. 2011. № 1 (9). С. 42–65. ISSN 2079-0392.
2. Справочник проектировщика промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Расчетно-теоретический / ред. А. А. Уманский. М. : Госстройиздат, 1960. 1040 с.

References

1. Yagofarov Kh., Yagofarov A. Kh., Razumov A. B. Optimizatsiya konsolno-balochnykh system [Optimization of cantilever-beam systems] // Herald of the USURT. 2011. № 1 (9). P. 42–65. ISSN 2079-0392.
2. Spravochnik proyektirovshchika promyshlennykh, zhilykh i obshchestvennykh zdaniy i sooruzheniy. Raschetno-teoreticheskiy [Industrial, residential and public building designer handbook. Analysis and design] / red. A. A. Umanskiy. M. : Gosstroyizdat, 1960. 1040 p.

Статья сдана в редакцию 23 ноября 2013 года

Аспирантская тетрадь

УДК 691.328.43

А. О. Клементьев, М. Н. Смердов

Обзор литературы по применению в железобетонных пролетных строениях мостов неметаллической композитной арматурой

UDC 691.328.43

A. O. Klementev, M. N. Smerdov

Evaluation of load carrying capacity of composite fiber reinforced concrete spans

Аннотация

Анализ отечественного и зарубежного опыта указывает на явную целесообразность применения композитных материалов при армировании железобетонных пролетных строений мостовых сооружений.

При эксплуатации искусственных сооружений большинство дефектов железобетонных пролетных строений мостов связаны с невозможностью металлической арматуры противостоять влажным и агрессивным средам. В современных условиях перспективно применение композитных материалов при армировании балок пролетных строений мостов, которые могут существенно изменить привычное представление о деградационных процессах армированных бетонных изделий в целом. Существующие нормативные документы допускают использование композитной арматуры для армирования несущих конструкций мостовых сооружений при выполнении необходимых расчетов. Опытным путем получены прочностные характеристики волокон, но не разработана методика расчета таких несущих элементов, то есть не учитываются индивидуальные особенности совместной работы композитной арматуры и бетона.

Внедрение композитной арматуры в практику мостостроения сдерживается отсутствием необходимой нормативно-технической документации по расчетам и конструированию.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, пролетные строения, композитная арматура, характеристики волокон, методика расчета.

Summary

Analysis of national and international experience suggests a clear advisability of the use of composite materials for reinforcing concrete bridge spans.

When operating artificial structures, most defects of concrete bridge spans are related to inability of metal reinforcement to resist wet and corrosive environments. In modern condition application of composite materials is promising for reinforcing beams of bridge spans, which may significantly change the usual understanding of degradation processes of reinforced concrete structures in general. Existing regulations allow the use of composite rebars for reinforcing support structures of bridges, subject to required calculations. Strength characteristics of fibers are empirically derived, but the method of design of such load-bearing elements has not been developed, that is the individual characteristics of the joint operation of composite rebars and concrete are not taken into account.

Introduction of composite reinforcement in bridge construction practice is hindered by the absence of necessary regulatory and technical documentation for design and analysis.

Keywords: reinforced concrete structures, bridge spans, composite reinforcement, fibers characteristics, design method.

Алексей Олегович Клементьев, аспирант; кафедра «Мосты и транспортные тоннели» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: aoklementev@mail.ru.

Михаил Николаевич Смердов, инженер; проектно-изыскательский институт «Транспромпроект» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: mikhail_smerdov@mail.ru.

Alexey Olegovich Klementev, graduate student; Department of Bridges and Tunnels, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: aoklementev@mail.ru.

Mikhail Nikolaevich Smerdov, Engineer, Design and Survey Institute «Transpromproekt», Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: mikhail_smerdov@mail.ru.

На российских автомобильных дорогах установлено более сотни тысяч железобетонных пролетных строений, различающихся конструктивными решениями, нормами проектирования и работающих в различных климатических условиях. С каждым годом повышаются требования к обеспечению безопасности движения автомобильного транспорта по искусственным дорожным сооружениям — это связано с ростом интенсивности движения и, как следствие, увеличением подвижной нагрузки на сооружения.

По данным автоматизированной информационно-аналитической системы управления, содержанием искусственных сооружений на автомобильных дорогах в России эксплуатируется более 5500 мостов, из них около 92% железобетонные. Анализ состояния и исследованиям работы железобетонных пролетных строений посвящены труды [1–4].

За рубежом композитные материалы применяются с начала 70-х годов XX в. (усиление эксплуатируемых железобетонных несущих элементов промышленных, гражданских и транспортных сооружений). В России существуют примеры применения стержневой композитной арматуры вместо металлической.

Композитными материалами, или фиброармированными пластиками, называют стеклянные, арамидные, углеродные и другие волокна, объединенные полимерной матрицей. Композитная арматура прошла путь от экспериментальных прототипов до эффективной замены стальной арматуры. Институт Бетона (США) и Японское сообщество гражданских инженеров разработали спецификации и методы тестирования материалов на основе усиленных волокнами пластиков, многие из них уже допущены к использованию и закрепились в строительстве [5].

В середине 1990-х годов в Японии широко использовалась композитная

арматура — более ста коммерческих проектов с ее применением. Для этого были разработаны «Рекомендации по проектированию и строительству железобетонных конструкций с композитной арматурой» [6], проведен ряд экспериментов и получены прочностные характеристики композитов.

В ФРГ композитную арматуру — предварительно напряженные стержни композитной арматуры — впервые применили в 1986 г. при строительстве автодорожного моста.

Канадские инженеры разработали положения по применению композитной арматуры для Свода норм проектирования автодорожных мостов» [7] и построили серию демонстрационных автодорожных мостов с применением композитной арматуры. При строительстве моста Хайдэнли в Манитобе была использована арматура на основе углеродного волокна и стекловолокна.

В США композитную арматуру использовали при укладке мостового полотна, гражданском строительстве, различных бетонных изделиях. Крупнейшие проекты с применением композитной арматуры: здание Гонда Билдинг (г. Рочестер), Национальный институт здравоохранения г. Бетесда, мосты (г.г. Поттер Каунти, Беттендорф) [5].

За рубежом применяют предварительно напряженную композитную арматуру в качестве рабочей в мостах и путепроводах, в промышленных и гражданских сооружениях, в настиле автодорожных мостов и автомобильных дорог.

Отечественные нормативные документы описывают совместную работу арматуры на основе композитов и бетона [5–7], но методика расчета таких конструкций отсутствует.

В России композитная арматура применяется для армирования фундаментов зданий и сооружений; перспективно и использование композитных материалов для изготовления рабочей стержневой арматуры,

предназначенной для армирования новых бетонных и железобетонных конструкций. В качестве продольных элементов пространственного арматурного каркаса могут использоваться три принципиально различных вида неметаллической композитной арматуры (рис. 1).

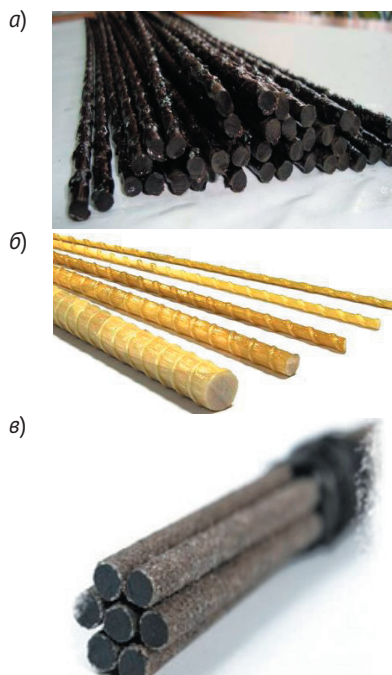


Рис. 1. Стержневая композиционная арматура
а — на основе базальтовых волокон;
б — стеклянных волокон;
в — углеродных волокон

У такой арматуры есть ряд преимуществ по сравнению с традиционным материалом металлом [8]: небольшой собственный вес, стойкость к влажным и агрессивным средам, низкий показатель теплопроводности, свойства, типичные для диэлектриков, стойкость к ультрафиолетовому излучению, невысокая стоимость композитной стержневой арматуры при равнопрочной замене по сравнению с металлической.

На сети автомобильных дорог эксплуатируются железобетонные пролетные строения, выполненные

по различным типовым проектам, — более 90, разработанных такими организациями, как «Союздорпроект», «Белгипродор», «ПромтрансНИИпроект» и др.

Важнейшая задача в оценке технического состояния искусственных сооружений на сети федеральных автомобильных дорог — выявление дефектов и повреждений железобетонных пролетных строений мостовых сооружений, которые затрудняют их эксплуатацию или снижают грузоподъемность.

Дефекты железобетонных пролетных строений мостов:

сколы и отслоения защитного слоя бетона главных балок;

силовые трещины в ребрах главных балок;

коррозия рабочей и конструктивной арматуры элементов пролетных строений;

морозное разрушение бетона и выщелачивание цементного камня;

повреждения пролетных строений от ударов негабаритных грузов в мостах и путепроводах.

Часто встречаемые дефекты железобетонных пролетных строений мостов изображены на рис. 2.

Как видно из рис. 2, главные несущие балки пролетных строений мостов подвергаются агрессивному воздействию окружающей среды. Влага через поврежденные участки гидроизоляции мостового полотна попадает в бетон несущих элементов, вызывая выщелачивание цементного камня бетона, морозное разрушение бетона и коррозию металлической арматуры. Образование и развитие указанных дефектов снижает грузоподъемность мостовых сооружений и напрямую влияет на долговечность. Долговечность железобетона и бетона изучается уже достаточно давно, также имеется методика определения степени воздействия различных видов коррозии на остаточный срок эксплуатации [13].



Рис. 2. Дефекты и повреждения железобетонных пролетных строений мостов
 а – выщелачивание цементного камня; б – морозное разрушение бетона;
 в – нормальные и наклонные трещины в растянутой зоне главных балок;
 г – разрушение защитного слоя бетона от продуктов коррозии рабочей арматуры

Как показывает опыт эксплуатации искусственных сооружений, большинство дефектов железобетонных пролетных строений мостов вызваны тем, что металлическая арматура не может противостоять влажным и агрессивным средам. В современных условиях перспективно применение композитных материалов при армировании балок пролетных строе-

ний мостов, которые могут существенно изменить привычное представление о деградационных процессах армированных бетонных изделий в целом.

Основное преимущество применения композитного материала вместо металла — лучшие физические, прочностные и деформативные характеристики, приведенные в таблице [9].

Характеристики волокон композитных материалов и стали

Материал	Модуль упругости E , ГПа	Нормативная сопротивляемость осевому растяжению, МПа	Коэффициент линейного расширения	Деформации при разрыве ϵ , %	Относительное удлинение, %	Длина стержней, м	Коэффициент температурного расширения α , $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	Удельный вес ρ , г/см ³
Арматура класса А-III ГОСТ 5781-82	205	390	13–15	20–30	25	6–12	10,4	7,8
Полимерный клей	2,7–3,6	40–82	9–12	1,4–5,2	2,2	Любая	30–54	1,1–1,25
Углеродное волокно высокоупругое	390–760	2400–3400	9–12	0,5–0,8	2,2	Любая	–1,45	1,85–1,9
Углеродное волокно высокопрочное	240–280	4100–5100	9–12	1,6–1,7	2,2	Любая	(–0,6)–(–0,9)	1,75
Стекловолоконное	85–90	3500–4800	9–12	4,5–5,5	2,2	Любая	1,6–2,9	2,46–2,49
Арамидное	62–180	3600–3800	9–12	1,9–5,5	2,2	Любая	–2	1,44–1,47

С физической точки зрения, перспективно применять композитную арматуру на основе углеродных волокон, так как они наряду с высоким пределом прочности при разрыве имеют модуль упругости не ниже, чем у стальной арматуры (рис. 3).

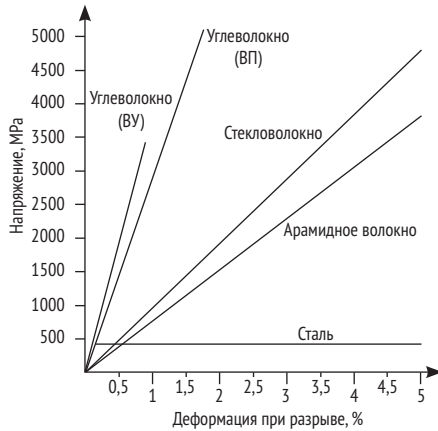


Рис. 3. Диаграмма деформирования волокон и стали при растяжении [1]

Схема армирования главной балки пролетного строения представлена на рис. 4.

Как видно из рис. 4, для анкеровки стальной арматуры в бетоне по краям стержней устраиваются отгибы. Анкеровка обеспечивает использование арматуры в нужном сечении с полным расчетным сопротивлением и гарантирует надежное сцепление с бетоном. Механизм анкеровки стержней заключается в заве-

дении стержня за расчетное сечение на длину, достаточную для включения стержня в работу, или выполнении специальных конструктивных мероприятий. Арматура в зоне анкеровки в растянутом стержне работает через поверхность сцепления на выдергивание из тела бетона, а в сжатом стержне передает усилие через поверхность сцепления в тело бетона. Схема армирования неметаллической композитной арматурой должна в точности повторять схему, за исключением отгибов арматурных стержней по краям.

Вопрос отгиба неметаллической композитной арматуры до сих пор не решен. В строительном рынке России производятся бетонные конструкции с применением композитной арматуры, сцепление с бетоном которых на всю длину стержня достигается только устройством периодического профиля либо использование стержней с песчаной обсыпкой. Не разработана методика расчета таких несущих элементов, то есть не учитываются индивидуальные особенности совместной работы композитной арматуры и бетона. Целесообразно изучить совместную работу композитной арматуры и бетона, проведя ряд экспериментальных исследований и расчетов с использованием точных численных методов.

Несущие конструкции железобетонных пролетных строений автодорожных мостов рассчитывают

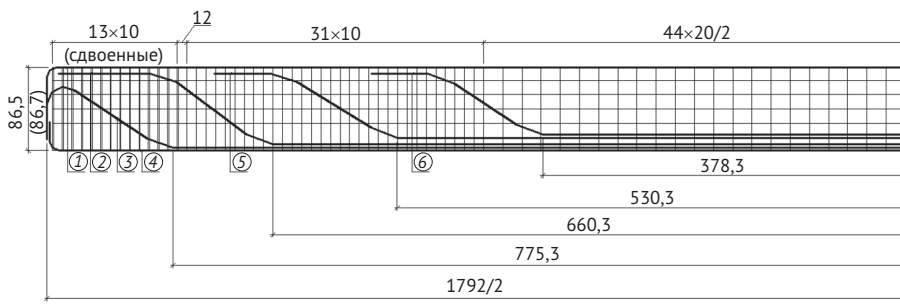


Рис. 4. Схема армирования балки ненапрягаемой арматурой (полная длина, м — 18; типовой проект: серия 3.503.1-73 Союздорпроект (Москва) 1986 г.; под нагрузку А11 и НК-80)

на действие постоянных и временных нагрузок с соответствующими коэффициентами надежности [9]. Постоянные нагрузки: собственный вес пролетных строений, вес дорожной одежды. Нормативная временная вертикальная нагрузка — нагрузка от подвижного состава на автомобильных дорогах. Расчеты выполняются методом предельных состояний. При выполнении необходимых расчетов действующий СП 35.13330.2011 «Мосты и трубы» не запрещает применение композитной арматуры в качестве рабочей [9].

Итак, композитная арматура имеет некоторые преимущества в сравнении с металлической; существующие нормативные документы не запрещают

использование композитной арматуры для армирования несущих конструкций мостовых сооружений при выполнении необходимых расчетов; анализ отечественного и зарубежного опыта указывает на явную целесообразность применения композитных материалов при армировании железобетонных пролетных строений мостовых сооружений; имеется необходимая сырьевая база и технологии изготовления композитной арматуры; внедрение композитной арматуры в практику мостостроения сдерживается отсутствием исследований по изгибаемым балкам и необходимой нормативно-технической документации по расчету и конструированию. ■

Литература

1. Смердов Д. Н. Оценка несущей способности железобетонных пролетных строений мостов, усиленных композитными материалами : дисс. ... на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Новосибирск : СГУПС, 2010. 159 с.
2. Бокарев С. А. Управление техническим состоянием искусственных сооружений железных дорог России на основе новых информационных технологий. Новосибирск : СГУПС, 2002. 276 с.
3. Власов Г. М., Бокарев С. А., Яшнов А. Н. К определению грузоподъемности железобетонных пролетных строений // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1988. № 12. С.93–97.
4. Ефимов П. П. Теоретические основы оценки параметров автодорожных мостов и методов управления ими : автореф. дис. ... д-ра техн. наук. М. : СибАДИ, 1997. 42 с.
5. ACI 440.1R-2006. Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars. Reported by ACI Committee, 2006. 440 с.
6. Recommendations for Design and Construction of High Performance Fiber Reinforced Cement Composites with Multiple Fine Cracks. HPRCC, 2008. 113 с.
7. Bridge Standards and Procedures Manual. CHBDC S6-06. 2007. 173 с.
8. ОДМ 218.3.014–2011. Методика оценки технического состояния мостовых сооружений на автомобильных дорогах. М., 2011. 84 с.
9. СП 35.13330.2011 СНиП 2.05.03–84*. Мосты и трубы // ОАО ЦНИИС. М., 2011. 340 с.
10. СП 63.13330.2010*. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. 2013. 249 с.
11. Технические рекомендации по применению неметаллической композитной арматуры периодического профиля в бетонных конструкциях // ОАО ПИЦ Строительство, М., 2012. 7с.
12. Мировой опыт применения стеклопластиковой арматуры : электрон. рес. URL: <http://www.zanevkaspb.ru/> (дата обращения: 8.08.2013).
13. Скоробогатов С. М. Катастрофы и живучесть железобетонных сооружений. Екатеринбург : УрГУПС, 2009. 512 с.

References

1. Smerdov D. N. Otsenka nesushchey sposobnosti zhelezobetonnykh proletnykh stroeniy mostov, usilennykh kompozitnymi materialami [Evaluation of bearing capacity

- of composite fiber-reinforced concrete bridge spans] : diss. ... na soisk. uch. st. kand. tekhn. nauk. Novosibirsk : SGUPS, 2010. 159 p.
2. Bokarev S. A. Upravleniye tekhnicheskim sostoyaniem iskusstvennykh sooruzheniy zheleznykh dorog Rossii na osnove novykh informatsionnykh tekhnologiy [Health management of artificial structures of Russian railways based on new information technologies]. Novosibirsk : SGUPS, 2002. 276 p.
 3. Vlasov G. M., Bokarev S. A., Yashnov A. N. K opredeleniyu gruzopodyemnosti zhelezobetonnykh proletnykh stroeniy [Definition of capacity of reinforced concrete superstructures]. // Izvestiya vuzov. Stroitelstvo i arkhitektura. 1988. № 12. P. 93–97.
 4. Efimov P. P. Teoreticheskie osnovy otsenki parametrov avtodorozhnykh mostov i metodov upravleniya imi [Theoretical framework for evaluation of parameters of highway bridges and management techniques] : avtoref. dis. ... d-ra tekhn. nauk. M. : SibADI, 1997. 42 p.
 5. ACI 440.1R-2006. Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with FRP Bars. Reported by ACI Committee, 2006. 440 p.
 6. Recommendations for Design and Construction of High Performance Fiber Reinforced Cement Composites with Multiple Fine Cracks. HPFRCC, 2008. 113 p.
 7. Bridge Standards and Procedures Manual. CHBDC S6-06. 2007. 173 p.
 8. ODM 218.3.014–2011. Metodika otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya mostovykh sooruzheniy na avtomobilnykh dorogakh. [Methodology to evaluate technical condition of bridge structures on highways] M., 2011. 84 p.
 9. SP 35.13330.2011 SNiP 2.05.03–84*. Mosty i truby. [Bridges and pipes] // OAO TsNIIS. M., 2011. 340 p.
 10. SP 63.13330.2010*. Betonnye i zhelezobetonnye konstruksii. Osnovnye polozheniya. [Concrete and reinforced concrete structures. Basic provisions.] 2013. 249 p.
 11. Tekhnicheskiye rekomendatsii po primeneniyu nemetallicheskoj kompozitnoy armatury periodicheskogo profilya v betonnykh konstruksiyakh. [Technical recommendations on the use of non-metallic composite rebars of periodic profile in concrete structures] // OAO PIT's Stroitelstvo, M., 2012. 7 p.

Статья сдана в редакцию 30 ноября 2013 года

УДК 65.01

А. А. Гусев

Саморазвивающаяся организация как инфраструктура адаптивного управления предприятием

UDC 65.01

A. A. Gusev

Self-sustaining organization as adaptive enterprise management infrastructure

Аннотация

Рассмотрены современные тенденции развития организационных отношений относительно социально-экономического и технологического развития общества. Процессы формирования эффективных систем преобразования организации исследованы в аспекте кооперативного взаимодействия элементов, обеспечивающего интегральный результат.

Обобщена проблематика саморазвивающейся организации, охарактеризованы основные принципы построения организационных структур — механистические (бюрократические) и органические (адаптивные). Отмечена необходимость внедрения органического типа организации в современных экономических условиях при реализации стратегии перехода к гибким системам управления. Приведены результаты историко-методологического анализа смены моделей развития организации.

Представлена классификация основных организационных форм, проведен их анализ в соответствии с индикаторами адаптивности. Приведено соотношение признаков саморазвития, параметров системы управления и формируемых на их основе конкурентных преимуществ.

Ключевые слова: адаптивное управление; самоорганизация; организационное проектирование; организационная структура; модель развития организация; конкурентное преимущество; бизнес-компетенция; индикатор адаптивности.

Summary

The modern trends in the development of institutional relations in reference to socio-economic and engineering and technological development of society are examined. Processes of formation of effective organization transformation systems are studied in terms of cooperative interaction of elements, providing integral result.

Problems of self-sustaining organization are generalized; the basic principles of building organizational structures — mechanistic (bureaucratic) and organic (adaptive) structures are described. The necessity of introducing an organic type of organization in the current economic terms in implementation of transition strategy to flexible management systems is highlighted. The results of historical and methodological analysis of changes in organization development patterns are provided.

Main organizational forms are classified; their analysis in accordance with adaptability indicators is performed. The correlation of self-sustainability indicators, control system parameters and competitive advantage formed on their basis is presented.

Keywords: adaptive control, self-organization, organizational design, organizational structure, business model development, competitive advantage, business competence; indicator of adaptability.

Александр Андреевич Гусев – аспирант; кафедра «Управление в социальных и экономических системах» Уральского государственного университета путей сообщения; Екатеринбург, Россия. E-mail: gusev-aleksandr@mail.ru.

Alexander Andreyevich Gusev, graduate student, Department of Management in Social and Economic Systems, Ural State University of Railway Transport; Ekaterinburg, Russia. E-mail: gusev-aleksandr@mail.ru.

Современный этап социально-экономического и технико-технологического развития общества можно охарактеризовать как инновационный. Базовой характеристикой данного этапа является необходимость организационного проектирования экономической деятельности на основе постоянного технологического совершенствования, производства и экспорта высокотехнологичной продукции, регулярного реинжиниринга ключевых бизнес-процессов организации. В условиях информационной экономика — экономика знаний, которая предполагает усиление глобальной конкуренции, превращение уникальных продуктов в рядовые (свойство коммодитации), значимость знаний как базового фактора производства и интеллектуального потенциала как движущей силы предприятия.

Сегодня необходимо говорить о целом комплексе новых вызовов, с которыми предстоит считаться, выстраивая дальнейшую деятельность организации; прежде всего, это мировой финансовый кризис, который обусловил напряженную ситуацию на рынках труда, потребительском и финансовом рынках, а также возрастание роли человеческого капитала как основного фактора экономического развития. Такие факторы внутренней среды, как изменение корпоративной структуры, совершенствование системы управления и создание вертикально интегрированных бизнес-единиц по видам деятельности, внедрение системы управления качеством также предопределяют повышение внимания к организационно-управленческим аспектам деятельности предприятия.

Процессы формирования эффективных систем преобразования организации на основе кооперативного взаимодействия элементов обеспечивают интегральный результат. Саморазвитие предполагает повыше-

ние роли знаний как работника, так и коллектива организации в целом, что предопределяет переход к самообучающейся организации, основанной на рефлексии опыта функционирования и развития. Как было показано нами ранее [1], активное внедрение современных систем управления, построенных на теоретической платформе самоорганизации и саморазвития, переход к адаптивному управлению в условиях динамичной, агрессивной, многогранной внешней среды предполагают переосмысление концептуальных основ формирования, существования и развития организации.

Формирование и внедрение адаптивных систем управления сопряжено с проектированием организации как целевого объединения ресурсов и инфраструктуры протекающих управленческих процессов. Считаем, что теория саморазвивающейся адаптивной организации с акцентом на наращивание потенциала системы комплементарно согласуется с концепцией адаптивного управления, что позволяет рассматривать данные категории в комплексном взаимодействии.

Термин «организация» семантически может рассматриваться в большом диапазоне значений: как явление, процесс, деятельность, субъект, институт. Система наук, рассматривающих организацию как специфическую категорию и изучающих принципы, свойства, законы ее существования и развития, включает в себя теорию организации, теорию управления, психологию, социологию, социальную психологию, антропологию, экономические и юридические науки, информатику [2]. Аспекты организационной проблематики, рассмотрение которых необходимо для выстраивания теории саморазвивающейся организации, представлены в таблице 1. Эти аспекты выступают также индикаторами, оценивающими степень адаптивности организации.

Таблица 1

Проблематика саморазвивающейся организации

Область исследования	Аспекты
Теория организации	Сущностные основы организации, типология Цели, миссия, внутренняя и внешняя среда Организационные структуры, коммуникационный процесс Адаптационные механизмы и структуры Механизм функционирования и развития Динамика организации
Теория управления	Субъект-объектные отношения в системе управления Процесс разработки, принятия и реализации управленческих решений Руководство Система стимулирования и мотивации Подготовка и компетентность руководителей
Психология	Личностные характеристики Мотивация личности
Социология	Групповая динамика Статусно-ролевые взаимоотношения Организационная культура
Социальная психология	Поведенческие характеристики Групповые процессы
Экономические науки	Система регулирования Экономическая стратегия Эффективность деятельности

Мы определяем организацию как сложную динамическую систему, обладающую внутренней упорядоченной структурой. Это комплекс взаимосвязанных элементов с многообразными связями. Организацию также характеризует целенаправленность функционирования и развития.

С нашей точки зрения, организация является инфраструктурой системных и управленческих процессов, в том числе процессов саморазвития и адаптивного управления.

Адаптивное управление на основе саморегулирования (автоматическое регулирование) предполагает самостоятельное реагирование объекта управления на внешние воздействия (возмущения), нарушающие его нормальное функционирование. Са-

морегулирование достигается с помощью обратной связи, управление здесь носит характер экономического, то есть возникают экономические условия, заинтересовывающие хозяйственные звенья в желательном поведении системы.

Отметим, что в общем случае, чем меньше регламентированы программа и структура объекта управления, тем выше способность его приспособления к реальным условиям, то есть тем сильнее проявлены свойства устойчивости и адаптивности.

Реализация данного принципа предполагает формирование специфической инфраструктуры управления, построенной на теоретических положениях саморазвивающейся организации. Отметим, что

организация в этом случае должна рассматриваться как адаптивная система на всех этап своего жизненного цикла.

В менеджменте и теории организации традиционно выделяют два типа построения организации (соответственно, два типа организационных структур) [2]:

- механистический (бюрократический), на базе административной системы с использованием формальных правил и процедур, централизованного принятия решений, жесткой иерархии власти и узкоопределенной ответственности;

- органический (адаптивный), на базе делегирования полномочий, высокой степени самостоятельности с умеренным использованием формальных структур, с высоким уровнем участия сотрудников в принятии управленческих решений, гибкостью власти и плоской структурой.

В таблице 2 обобщены основные представления о характеристиках типов построения организации.

В современных экономических условиях при реализации стратегии перехода к гибким системам управления необходимо внедрение органического типа организации, comple-

Таблица 2

Принципы построения организации

Принцип	Механистический тип	Органический тип
Взаимоотношения	Жесткая иерархия подчиненности и соблюдения дисциплины	Сотрудничество, взаимовыгодные договорные взаимоотношения, в т.ч. финансовые
Специализация в работе	Узкая	Широкая
Обязанности работников	Организационные обязанности	Адаптивные обязанности
Департаментализация	Четкое определение сферы ответственности, обязанностей и результатов подразделений	Выделение самостоятельных и автономных подразделений, формирование обслуживающих подразделений на базе внутреннего рынка
Формализация задач	Высокая степень	Низкая степень
Права и обязанности	Четкие права и обязанности	Амбициозная ответственность
Четкость уровней управления	Ясность в условиях иерархии	Уровни управления размыты
Система вознаграждения	Объективная	Адекватная субъективная
Система принятия решений	Централизованная	Децентрализованная
Базовый регулятор в получении результата	Административные методы управления, плановые экономические показатели	Экономические методы управления, совместно выработанные экономические нормативы
Роль руководителя	Гарант дисциплины, использующий авторитарный стиль управления	Гарант справедливости, использующий демократический стиль управления
Оценка работы	Оценка результатов работы исходя из выполнения плановых заданий и динамики роста	Самооценка финансовых результатов на основе соблюдения экономических нормативов
Критерии отбора кадров	Объективные	Адекватные субъективные
Каналы коммуникации	Формализованные	Неформальные
Правомочность выработки стратегии	Руководитель организации	Руководители продуктовых подразделений
Оценка результативности	Четкое выполнение поставленной сверху цели	Развитие инициативы и быстрое реагирование на запросы рынка

ментарного саморазвивающимся системам и адаптивному управлению. Конструктивной инновацией в менеджменте в 90-е гг. стала идея перехода от многоуровневых, пирамидальных иерархических организаций к горизонтальным, плоским структурам [3]. Такая реструктуризация базируется на сегментации работ и продуктов, благодаря которой оцениваются прибыль, издержки, инновации конкретных бизнес-единиц.

Органические структуры управления позволяют организации развиваться в условиях сложного нестабильного окружения, умеренной или высокой степени неопределенности и сложности целей и задач, размытости критериев измерения результативности бизнес-процессов, мотивации потребностей верхнего уровня (собственно мотивирующих факторов), власти, основанной на лидерстве, влиянии, основанном

на формировании и достижении авторитета.

Процесс формирования базовых характеристик организации, приведенных в таблице 3 [4], позволяет провести историко-методологический анализ смены приоритетов при развитии организации.

Данные подсистемы организации формируют ее базис и предопределяют пути развития. Хронологически акцент при расстановке приоритетов смещался, и бизнес-процессы, протекающие в организации, формировали новые подсистемы; в частности, две последние подсистемы оформились и вошли в структуру организации в 90-е гг.

Однако концепции эффективного формирования и развития организации, успешного формирования бизнес-единиц, свидетельствуют о новых тенденциях и приоритетах факторов. В [4] они определены

Таблица 3

Укрупненная структура организации

Подсистема	Характеристика	Ключевые параметры
Производственно-экономическая	Ориентирована на эффективное использование ресурсов для достижения прибыли Образует смысловое поле организации, т.к. создает основную ценность — продукт	Технология, производство, продукт, качество, цена, прибыль
Структурно-иерархическая	Обеспечивает устойчивость и упорядоченность процессов Статичность, консервативность	Структура, подразделение, должность, иерархия связей, функция, задача, работа
Цели и процесс их достижений	Определяет динамику организации, является ее процессной частью Связана с процессом разработки и реализации стратегии	Миссия, цель, стратегия, результаты стратегий, конкурентные преимущества
Поведенческо-мотивационная	Определяется ролью и значением человеческого фактора Определяет вероятностный характер организационных процессов	Личность, группа, нормы, организационная культура, инициатива, мотивация, творчество
Управление знаниями	Связана с управлением информационными потоками и информационным обеспечением Возникла в 90-е гг. в связи с повышением интеллектуализации процессов, значимости знаний	Информационное пространство, доступность знаний, интеллектуальный потенциал, синергия, информационная технология
Адаптация, развитие и саморазвитие	Демонстрация динамики изменений организации Определение адаптивной реакции и гибкость организации как факторы стратегического успеха предприятия	Скорость адаптации, мотивация изменений, саморазвитие, лидерство

как формирование седьмой подсистемы организации, характеризующей ее потенциал. В нее входят ключевые параметры: система ключевых компетенций, долгосрочные конкурентные преимущества, ключевые факторы успеха и т.п. Разработана интегративная концепция развития предприятия на основе ключевой характеристики — потенциала предприятия, который понимается как совокупность ресурсов и возможностей, определяющих ожидаемые характеристики развития при тех или иных сценариях изменения внешней среды [5].

Выделение потенциала организации как подсистемы, определяющей динамику и долгосрочные перспективы развития, суть теоретически обоснованный и практически подкрепленный подход, комплементарный по отношению к теории адаптивной саморазвивающейся организации. Такой подход вводит важную статическую характеристику органи-

зации: потенциал системы, а в качестве вектора развития — динамику наращивания потенциала.

Классификация современных моделей развития предприятия с точки зрения ключевых характеристик представлена в [6]. В таблице 4 проведено сравнение представленной классификации с классификацией подсистем организации.

Неоклассическая теория, сложившаяся в 1950–1970 гг., рассматривает развитие предприятия исходя из целевой функции максимизации прибыли, учитывающей изменение производственно-технологических параметров. Приоритет производственной составляющей в сочетании с административной структурно-иерархической системой управления не гарантирует высокой результативности [7]. Попыткой разрешения данной проблемы стала концепция стратегического управления, базирующаяся на предвидении изменений.

Таблица 4

Характеристики моделей развития организации (по К. Штайльманну)

Модель развития предприятия	Характеристика	Ключевая подсистема
Неоклассическая	Основана на производственной функции, выражающей зависимость результатов производства от преобразования затраченных ресурсов	Производственно-экономическая
Эволюционная	Организация рассматривается, с одной стороны, как объект развития, испытывающий влияние со стороны внешней среды; с другой стороны, как результат накопления опыта и выработки внутренних качеств Выживание и процветание зависят конкурентоспособности и формирования долгосрочных конкурентных преимуществ	Подсистемы адаптации, развития и саморазвития
Предпринимательская	Основана на роли личности руководителя. Предполагает учет лидерских качеств и мотивации персонала	Поведенческо-мотивационная
Институциональная	Рассматривает предприятие как элемент институциональной матрицы, которая, с одной стороны, представляет систему экономических, политических и идеологических институтов, формирующих среду для функционирования и развития предприятия, с другой, является комплексом взаимосвязанных правил и неформальных ограничений, совокупность которых определяет экономическую деятельность предприятия	Подсистема управления знаниями, потенциалом организации

Эволюционная модель (начало 1980-х гг.) основана на социальной эволюции систем, изучении факторов их выживания. Таким образом, наиболее важной характеристикой организации является способность к изменению и развитию, что укладывается в общую тенденцию формирования саморазвивающихся систем.

Широкий учет мотивационного потенциала организации, лидерский стиль управления обусловили формирование предпринимательской модели предприятия. Такой подход расширил поведенческо-мотивационный потенциал развития, однако эта теория несколько сужает представление о функционировании организации, потому что здесь слабо разработаны структурные и адаптационные аспекты ее деятельности.

Институциональная модель делает акцент на формальных и неформальных отношениях и взаимосвязях, присутствующих во всех шести характеристиках; при этом особо подчеркивается важность подсистем управления знаниями и потенциала организации, что делает ее, с нашей точки зрения, наиболее адаптивной и комплексно отражающей специфику организационных процессов.

Формирование единой теории адаптивной саморазвивающейся организации затруднено большим количеством различных теорий, описывающих поведение, функционирование и развитие современных организаций органического типа. С одной стороны, эти теории позволяют широко рассмотреть проблематику современных форм существования организации, а также теоретически обосновать универсальность механизмов саморазвития и адаптации, а значит, и неизбежность перехода к организациям такого типа. С другой стороны, многие характеристики организаций в данных моделях пересекаются, что затрудняет их классификацию и ранжирование. В таблице 5 приведены основные фор-

мы современных организаций органического (адаптивного) типа. В таблице 6 представлен анализ форм построения организации в соответствии с индикаторами адаптивности.

Универсальные индикаторы для всех моделей: своевременное распознавание изменений в окружающей среде, быстрая реакция на внешнее возмущение, децентрализация полномочий и ответственности, наличие гибкой системы мотивации, развитие инициативы и предпринимательства, относительно высокий уровень экономической эффективности.

Активному же обучению, формированию климата обучения, командному управлению и непрерывному преобразованию организации внимания уделяется крайне мало. Это свидетельствует об определенной неразвитости механизмов (само)обучения и управления изменениями. В большинстве моделей нет детальной проработки механизмов формирования и развития [4]. Представленные модели необходимо рассматривать комплексно, во взаимной увязке ключевых характеристик и черт, что позволяет выявить основные инфраструктурные особенности адаптивного управления.

Укажем на специфику формирования организации саморазвивающегося типа как проблему выявления ряда принципиальных критериев или признаков саморазвития, позволяющих идентифицировать организацию как высокоадаптивную. В таблице 7 [4] представлен перечень соответствующих признаков саморазвития, параметров системы управления, а также некоторых конкурентных преимуществ, возникающих в ходе процесса саморазвития.

Эволюция адаптивности социально-экономических систем предполагает:

1) наличие заранее определенной цели, к которой система самостоятельно стремится;

Таблица 5

Современные формы построения организации

Тип	Принцип
Эдхократическая	Высокая степень свободы в действиях работников, их компетентность и умение самостоятельно решать возникающие проблемы
Многомерная	Самостоятельное и одновременное выполнение трех функций: обеспечение своей производственной деятельности необходимыми ресурсами; производство для конкретного потребителя, рынка или территории конкретного продукта или услуги; обеспечение сбыта (распределения) своей продукции и обслуживание конкретного потребителя
Партисипативная	Компетентное вмешательство посредством создания органов самоуправления в работу других членов или частей организации, то есть (участие работников в управлении). Обеспечение тем самым мотивированности труда, обострение чувства собственника
Виртуальная	Организации, существующие как корпоративные, некоммерческие, образовательные или иные объединения, не имеющие географического центра и функционирующие через телекоммуникационные средства
Предпринимательская	Ориентация на рост и на имеющиеся возможности и достижения, чем на контролируемые ресурсы
Рыночно ориентированная	Органические, быстро адаптирующиеся дивизиональные или матричные организации, в которых все их части (НИОКР, производство, кадры, маркетинг, снабжение, сбыт, финансы, обслуживание) группируются вокруг рынка или рынков
Сетевая	Совокупность фирм или специализированных единиц, чья деятельность координируется рыночными механизмами (вместо командных методов), в которых последовательность команд иерархической структуры заменяется цепочкой заказов на поставку продукции и развитием взаимоотношений с другими фирмами
Научающаяся (обучающаяся)	Повышение квалификации, получение новых теоретических и практических знаний отдельными работниками, проведение тренингов, кружков и консультаций, а также непрерывное развитие и совершенствование всей организации как единого организма, формирование новой системы ценностей и новой организационной культуры
Горизонтальная	Построение структуры на основе ключевых процессов, каждый из которых ориентирован на предоставление определенных благ и работу в конкретной ситуации
Биокорпорация	Построены на основе процесса непрерывного преобразования, включающего рефрейминг, реструктуризацию, оживление и обновление
Интеллектуальная	Опора на рабочие группы, ориентированные на результат и на выбор, а не на правила и команды, поступающие сверху. Рабочие группы формируются вокруг предпринимательской идеи: стремиться к построению оптимальной формы управления предприятием и созданию потока взаимозаменяемых ценностей

Таблица 6

Индикаторы адаптивности
для различных форм построения организации

Индикатор	Формы построения организации										
	Эдохрокатические организации	Многомерные организации	Партиципативные организации	Виртуальные организации	Предпринимательские организации	Организации, ориентированные на рынок	Сетевые организации	Научающиеся (обучающиеся) организации	Горизонтальные организации	Биокорпорации	Интеллектуальные организации
Своевременное распознавание изменений в окружающей среде и быстрая реакция на внешнее возмущение	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Децентрализация полномочий и ответственности	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Гибкая система мотивации, развитие инициативы и предпринимательства	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Вовлечение работников в принятие решений, сплоченность сотрудников	+		+	+			+			+	+
Развитие персонала на основе проявления инициативы и творчества	+		+	+	+			+			+
Лидерство, видение перспективы	+	+	+	+	+	+		+			+
Активное обучение в группе, климат обучения	+			+				+			+
Формирование структуры вокруг процессов, ориентированных на результат		+		+	+	+			+		+
Командное управление	+		+						+		+
Формирование системы бизнес-процессов с их «собственниками»		+		+	+	+	+		+		+
Непрерывное преобразование организации	+									+	
Высокий уровень экономической эффективности	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Соотношение признаков саморазвития,
параметров системы управления и формируемых
конкурентных преимуществ

Признак саморазвития	Параметры системы управления, характеризующие признаки	Формируемые конкурентные преимущества
Адаптивность к изменениям в окружающей среде	Субъект распознания и фиксации изменений Наличие подразделений, распознающих изменения Достаточность и опережающий характер изменений	Своевременная опережающая реакция на изменение окружающей среды
Децентрализация управления	Вид организационной структуры Уровень финансовой самостоятельности подразделений. Форма учета доходов и расходов Организационно-правовая форма Степень децентрализации принятия управленческих решений	Создание нового типа структуры, адекватной динамике изменений рынка
Эффективная и гибкая система мотивации	Мотивация высших руководителей организации и руководителей ведущих подразделений: предпринимательством; доля переменной части дохода, зависящей от результата; внутренние факторы	Формирование предпосылок развития инициативы и творчества у персонала предприятия
Эффективная и гибкая система мотивации	Мотивация сотрудников: наличие измеряемых результатов труда; связь вознаграждения и результатов труда	Формирование предпосылок развития инициативы и творчества у персонала предприятия
Эффективное лидерство	Наличие лидеров в организации Управление посредством «видения» Управление на основе личного авторитета	Наличие видения и эффективной стратегии, поддерживаемой всем персоналом. Мотивация авторитетом
Коллективность действий	Работа в командах Достижение синергии работы персонала, команд, подразделений	Достижение преимуществ за счет эффекта синергии и работы в командах
Развитие персонала	Поощрение и финансирование обучения и развития Саморазвитие персонала	Высококвалифицированный конкурентоспособный персонал
Закрепление норм и правил поведения в культуре фирмы	Система закрепления норм и правил поведения Управление на основе личного авторитета и лидерства Информированность персонала	Задействование человеческого фактора через поведенческие инструменты управления для развития творчества и инициативы

2) приоритеты творческого подхода, инновационного развития, профессионального развития и развития человеческих ресурсов;

3) гибкость, изменчивость, адаптивность систем управления;

4) диверсификацию, децентрализацию организационной структуры, сопричастность каждого работника к принятию управленческих решений, новую трудовую мотивацию;

5) сочетание элементов управления и самоуправления;

6) условия развития самообразования, самовоспитания и самоконтроля человеческих ресурсов;

7) саморазвитие как переход на новый уровень организации.

Проведенный анализ типов современных организационных форм позволил выделить качественные индикаторы устойчивости, гибкости, адаптивности организации, что позволяет выявить основные инфраструктурные особенности адаптивного управления. Соответствующая данному типу управления организация должна быть ориентирована на развитие посредством постоянного

обучения и самообучения персонала, формирование и актуализацию ключевых компетенций человеческих ресурсов [8].

Протекание процессов саморазвития можно констатировать по ряду признаков, которые характеризуют параметры системы управления. Проявление данных признаков приводит к формированию конкурентных преимуществ организации, что является базовым параметром перманентного устойчивого развития организации в условиях изменчивой окружающей среды и агрессивного конкурентного окружения.

С нашей точки зрения, такими качествами являются гибкость, клиентоориентированность, владение информацией, вертикальная и горизонтальная интеграция, диверсификация и т.д. Данные качества находят воплощение в потенциале организации, системе ключевых бизнес-компетенций и динамических возможностей, определяющих портфель бизнес-единиц компании, а также наращивание потенциала организации как вектор ее развития. ■

Литература

1. Гусев А. А. Проблема формирования адаптивных систем управления в условиях перехода к шестому технологическому укладу // Вестник УрГУПС, 2011. № 2. С. 94–103. ISSN 2079-0392.
2. Мильнер Б. З. Теория организации : учеб. для вузов. М. : Инфра-М, 2013. 848 с. ISBN 978-5-16-004700-3.
3. Саймон Г., Смитбург Д., Томпсон В. Менеджмент в организациях. М. : Экономика, 1995. 335 с.
4. Молодчик А. В. Теория и практика формирования саморазвивающейся организации. Екатеринбург : УрО РАН, 2001. 248 с.
5. Клейнер Г. Б., Тамбовцев В. А., Качалов Р. М. Предприятие в нестабильной экономической среде: риски, стратегии, безопасность. М. : Экономика, 1997. 278 с.
6. Штайльманн К. Новая философия бизнеса. М. : Российское психологическое общество, 1998. Т. 1. 403 с.
7. Ансофф И. Стратегическое управление. М. : Экономика, 1989. 519 с.
8. Гусев А. А., Паршина В. С. Методические особенности компетентностной оценки соответствия руководителей транспортной отрасли требованиям должности // Экономика железных дорог, 2013. № 6. С. 44–56. ISSN 0044-4448.

References

1. Gusev A. A. Problema formirovaniya adaptivnykh sistem upravleniya v usloviyakh perekhoda k shestomu tekhnologicheskomu ukladu [Problem of the formation of adaptive control systems in the context of transition to sixth technological order] // Herald of the USURT, 2011. № 2. P. 94–103. ISSN 2079-0392.

2. Milner B.Z. Teoriya organizatsii : ucheb. dlya vuzov. [Organization theory : a textbook for universities.] M. : Infra-M, 2013. 848 p. ISBN 978-5-16-004700-3.
3. Saymon G., Smitburg D., Tompson V. Menedzhment v organizatsiyakh. [Management in organizations.] M. : Ekonomika, 1995. 335 p.
4. Molodchik A.V. Teoriya i praktika formirovaniya samorazvivayushchey organizatsii. [Theory and practice of creating of a self-sustaining organization.] Ekaterinburg : UrO RAN, 2001. 248 p.
5. Kleyner G.B., Tambovtsev V.A., Kachalov R.M. Predpriyatie v nestabilnoy ekonomicheskoy srede: riski, strategii, bezopasnost. [Company in an unstable economic environment: risks, strategies, safety.] M. : Ekonomika, 1997. 278 p.
6. Shtaylmann K. Novaya filosofiya biznesa. [New business philosophy] M. : Rossiyskoye psikhologicheskoye obshchestvo, 1998. T. 1. 403 p.
7. Ansoff I. Strategicheskoye upravlenie. [Strategic management] M. : Ekonomika, 1989. 519 p.
8. Gusev A.A., Parshina V.S. Metodicheskie osobennosti kompetentnostnoy otsenki sootvetstviya rukovoditeley transportnoy otrasli trebovaniyam dolzhnosti [Methodical features of conformity assessment of transport industry managers from the viewpoint of job competency requirements] // Ekonomika zheleznikh dorog, 2013. № 6. P. 44–56. ISSN 0044-4448.

Статья сдана в редакцию 15 ноября 2013 года

Уважаемые коллеги!

Информирую вас о требованиях, предъявляемых к оформлению статей.

При наборе используйте Word-2003 или Word-2007; шрифт (по всему тексту, в том числе в рисунках и таблицах) — тип Times, размер шрифта — 14, межстрочное расстояние — 1,5, абзацный отступ — 1,25 (1,27) см, поля — 2 см; расстановка переносов по всему тексту — автоматическая.

Набор формул: простые формулы и сочетания символов ($x^2 < y^2$; $E = mc^2$; $a^2 + b^2 = c^2$; Q_{i-1} ; ψ_j) — только в текстовом режиме, сложные

$$(s^2 = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{j=1}^e x_j^2 n_j - \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^e x_j n_j \right)^2 \right]; \left(\frac{\sigma_a}{[n]} \right)$$

или S_i^m) — только в редакторе формул

Equation или в MathType.

Написание букв: русские (а, б, в, А, Б, В), греческие (Θ, Σ, Ω, Ψ, α, β, δ, ε, λ, π), а также цифры и функции (1, 2, 3; I, II, III; max, lg, sin и т.п.) пишутся только прямо; латинские (a, b, n, A, B, N и т.д.) — только курсивом. Исключение — курсив во вспомогательном тексте (слова «Таблица» и «Рис.», примечания в рисунках и ссылки в тексте на эти примечания).

Оформление текста: левый верхний край — инициалы, фамилия; заголовок — все буквы ПРОПИСНЫЕ, жирные, расположение — по центру набора; таблиц и рисунков: в таблицах размер шрифта — на полтора-два размера меньше, чем в основном тексте (11,5–12), расположение текста в «шапке» таблицы — по центру, в столбцах — по ширине; межстрочное расстояние — 1; слово «Таблица» — курсивное начертание, в правый край таблицы; название таблицы — начертание нормальное (прямое), расположение — по центру таблицы. В рисунках (графиках, диаграммах): размер подрисуноч-

ной подписи — 14, расположение — по центру набора, слово «Рис.» — курсив, название рисунка — нормальное начертание, описание рисунка (экспликация) — нормальное начертание, условные обозначения — курсивное начертание, их расшифровка — нормальное. Расположение таблиц и рисунков — строго после ссылки на них.

Кроме того, рисунки обязательно прилагаются к материалу (один рисунок — один файл; формат — *.jpg).

Ссылки на литературу в тексте пишутся в квадратных скобках ([1], [1, 2] или [3–5]); нумерация сквозная. Список литературы/источников оформляется по ГОСТ 7.0.5–2008.

В конце статьи обязательно ставится дата отсылки материала в редакцию.

Объем статьи — не более 14-ти страниц.

Название файла: Фамилия. Первое слово заголовка. Многоточие. Последнее слово заголовка (Сидоров. Синтез... электроприводом).

К материалу (статье) обязательно прилагаются (отдельным файлом): УДК, сведения об авторе, аннотация, ключевые слова (название файла: УДК 000. Сидоров. Синтез... электроприводом).

Материалы для очередного номера журнала «Вестник УрГУПС» принимаются до 30 числа первого месяца квартала (до 30-го января, 30-го апреля, до 30-го июля, до 30-го октября). Материалы, поступившие в редакцию после 30-го числа, будут опубликованы только в следующем номере.

Успешной работы!

*Л. Барышникова,
литературный и выпускающий
редактор журнала «Вестник УрГУПС»*