

научно-технический журнал

# ВЕСТНИК



# МГСУ

**2/2012**



материалы оборудование технологии

#### АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ И РЕСТАВРАЦИЯ

*Алексеев Ю.В., Беляев В.Л.* Подземные здания и сооружения как системный элемент взаимодействующих пространственных сред развития городской территории ..... 6

#### ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Егорычев О.А., Егорычев О.О., Брендз В.В.* Свободные поперечные колебания предварительно напряженной ортотропной пластины-полосы ..... 11

*Орлов В.А., Примин О.Г., Щербаков В.И.* Прочностные характеристики двухслойных конструкций трубопровод — полимерный рукав ..... 15

*Фриштер Л.Ю.* Оценки решения однородной плоской задачи теории упругости в окрестности нерегулярной точки границы ..... 20

*Габбасов Р.Ф., Уварова Н.Б., Филатов В.В.* Расчет балок на упругом основании с двумя коэффициентами постели ..... 25

*Тер-Мартirosян З.Г., Пронозин Я.А., Наумкина Ю.В.* Использование предварительно напряженных оболочек при усилении ленточных фундаментов ..... 30

*Дашевский М.А., Мондрус В.Л., Шутовский С.Н.* Определение частот свободных колебаний многоэтажных зданий периодической структуры ..... 35

*Ахметов В.К.* Математическое моделирование течения вязкой жидкости в цилиндре с вращающимися основаниями ..... 41

*Анохин Н.Н., Дашевский М.А., Мондрус В.Л., Шутовский С.Н.* Распространение гармонической волны под одноэтажным протяженным зданием ..... 47

*Власов А.Н., Волков-Богородский Д.Б., Знаменский В.В., Миущикин М.Г.* Конечно-элементное моделирование задач геомеханики и геофизики ..... 52

*Саргсян А.Е., Гукова Е.Г., Шапошников Н.Н.* Динамическая механическая модель основания сооружения с учетом инерционных свойств грунтов ..... 66

*Бальзаников М.И., Родионов М.В.* Результаты исследования грунтовой переливной плотины со ступенчато-криволинейным низовым откосом ..... 67

*Платов Н.А., Потапов А.Д., Лаврусевич А.А., Лаврова Н.М., Курбатова А.С.* Оценка недр, земельных ресурсов и почв при инженерно-экологических исследованиях на стадии проектирования сооружения ..... 77

*Рацеккина С.А., Бойчук С.В.* Моделирование металлической ребристой цилиндрической панели ..... 84

*Варданян Г.С.* Решение некоторых линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами методом функционального подобия ..... 91

*Бедов А.И., Бабков В.В., Габитов А.И., Гайсин А.М., Резвов О.А., Кузнецов Д.В., Гафурова Э.А., Сеницин Д.А.* Конструктивные решения и особенности расчета теплозащиты наружных стен зданий на основе автоклавных газобетонных блоков ..... 98

### VESTNIK MGSU

Основан в 2005 году. Выходит ежемесячно

#### Учредители:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный строительный университет» (МГСУ), общество с ограниченной ответственностью «Издательство АСВ»

Зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).  
Свидетельство о регистрации ПИ №ФС77-47141 от 3 ноября 2011 г.

Включен в утвержденный ВАК Минобрнауки России Перечень рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук

Индексируется в РИНЦ ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru))

### Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering

Scientific and technical journal

Founded in 2005. Published monthly

Founders: Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE), ASV Publishing House

The Journal has been included in the list of the leading review journals and editions of the Highest Certification Committee of Ministry of Education and Science of Russian Federation in which the basic results of Ph.D and Doctoral Theses are to be published

Подписка по каталогу агентства «Роспечать». Подписной индекс 18077

Главный редактор  
акад. РААСН, д-р техн. наук, проф.  
**В.И. Теличенко**, ректор МГСУ

Редакционная коллегия:  
заместители гл. редактора: чл.-корр. РААСН,  
д-р техн. наук, проф. **Е.А. Король**;  
д-р физ.-мат. наук, проф. **М.В. Самохин**;  
канд. техн. наук, проф. **Н.С. Никитина**;  
ответственный секретарь – академик РАЕН,  
д-р техн. наук, проф. **А.Д. Потапов**

Редакционный совет:  
**В.И. Теличенко** (председатель),  
**С.А. Амбарцумян**, **О.О. Егорычев**,  
**Ю.М. Баженов**, **А.Н. Дмитриев**,  
**Е.А. Король** (зам. председателя),  
**Н.П. Кошман**, **С.И. Круглик**,  
**Н.С. Никитина** (зам. председателя),  
**С.В. Николаев**, **А. Мэрфи** (Университет  
Центрального Ланкашира, Англия),  
**Я.П. Паль** (Технический Университет Берлина,  
ФРГ), **У Хой** (Пекинский Университет  
строительства и архитектуры, Китай),  
**Я. Буйнак** (Университет Жилина, Словакия),  
**А.Д. Потапов** (отв. секретарь), **Е.И. Пупырев**,  
**М.В. Самохин** (зам. председателя),  
**В.Н. Сидоров**, **З.Г. Тер-Мартirosян**,  
**В.И. Травуш**, **Д.Ю. Чунюк** (зам. отв. секретаря)

Адрес редакции:  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26, МГСУ.  
Тел./ факс +7 (499) 188-15-87, (499) 188-29-75,  
e-mail: vestnikmgsu@mgsu.ru  
Электронная сетевая версия журнала  
<http://www.mgsu.ru>

Периодическое научное издание  
**Вестник МГСУ. 2012. № 2**  
Научно-технический журнал

Отв. редактор О.Е. Горячева. Редактор О.В. Горячева  
Компьютерная правка и верстка О.В. Горячева,  
верстка Д.А. Матвеев,  
перевод на английский язык О.В. Юденкова

Подписано в печать 29.02.12. Формат 70х108/16.  
Бумага офсетная. Печать на ризографе.  
Гарнитура Таймс. Усл.-печ. л. 17,3.  
Уч.-изд. л. 20,7. Тираж 100 экз. Заказ №

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
**«Московский государственный строительный  
университет».**

Редакционно-издательский центр,  
staty@mgsu@yandex.ru, (495) 287-49-14, вн. 13-71,  
(499) 188-29-75.

Отпечатано в типографии МГСУ,  
(499) 183-91-44, 183-67-92, 183-91-90.  
129337, Москва, Ярославское шоссе, 26

Перепечатка или воспроизведение материалов  
номера любым способом полностью или по частям  
допускается только с письменного разрешения  
Издателя.  
Распространяется по подписке.

## ТЕХНОЛОГИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ. МЕХАНИЗМЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

<b>Федосов С.В., Масленников В.А., Осадчий Ю.П., Маркелов А.В.</b> Ресурсосберегающая технология при технической эксплуатации строительной техники .....	104
<b>Залетова Н.А., Воронов Ю.В.</b> Новые технологии для решения современных задач очистки сточных вод .....	109
<b>Михайлов И.Е.</b> Спиральные камеры обратимых гидромашин и центробежных насосов .....	112

## СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

<b>Гуюмджян П.П., Ветренко Т.Г., Ладаев Н.М., Зиновьева Е.В.</b> Взаимодействие механоактивированной воды с цементным вяжущим.....	117
--	-----

## БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. ГЕОЭКОЛОГИЯ

<b>Воронов Ю.В., Ширкова Т.Н.</b> Создание системы инженерной защиты территории и объектов от подтопления.....	121
<b>Орешкин Д.В., Сахаров Г.П., Чеботаев А.Н., Курбатова А.С.</b> Геоэкологические проблемы утилизации бурового шлама на Ямале .....	125
<b>Сазонов Э.В., Сухорукова И.А.</b> Оценка шумового загрязнения территорий поселений, находящихся в зоне влияния аэродромов .....	130
<b>Сухорукова И.А.</b> Установление зон ограничения жилой застройки на приаэродромных территориях .....	135
<b>Алексеев Е.В.</b> Аквасистема как предмет водной экологии и начало технологии очистки воды .....	140
<b>Чижиков И.А., Щербина Е.В.</b> Обеспечение экологической безопасности строительства нефтегазово-промышленных дорог в условиях Западной Сибири .....	145
<b>Фрог Б.Н., Гришова И.Н., Кудряшова Г.Н., Никифорова А.П.</b> Разработка основных направлений природоохранных мероприятий на Котласском ЦБК и их экологическое обоснование.....	152
<b>Монахов Б.Е., Шилова Л.А.</b> Использование возобновляемых источников энергии для развития Дальневосточного региона Российской Федерации .....	161

## ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

<b>Лукманова И.Г., Неженикова Е.В.</b> Взаимозависимость стоимости и уровня качества объектов недвижимости.....	170
<b>Гранев В.В., Истомин Б.С., Харитонов А.А.</b> Формирование региональных строительных каталогов — актуальная проблема повышения качества и сокращения сроков проектирования и строительства .....	175
<b>Михайлов В.Ю., Кудишин В.Ю.</b> Создание бизнес-центра по трансферу технологий в строительстве .....	182

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ЛОГИСТИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

<b>Алдухов О.А., Брюхань А.Ф.</b> Пакет программ статистической обработки аэрологических данных для оценки условий атмосферной дисперсии при геоэкологическом обосновании строительства АЭС и ТЭС.....	188
<b>Авторам</b> .....	193

CONTENT

ARCHITECTURE AND URBAN DEVELOPMENT. RESTRUCTURING  
AND RESTORATION

*Alekseev Ju.V., Beljaev V.L.* Underground buildings and structures as constituent elements of interacting spatial environments within the urban development framework .....6

DESIGNING AND DETAILING OF BUILDING SYSTEMS.  
MECHANICS IN CIVIL ENGINEERING

*Egorychev O.A., Egorychev O.O., Brendje V.V.* Natural transverse vibrations of a prestressed orthotropic plate-stripe.....11  
*Orlov V.A., Primin O.G., Scherbakov V.I.* Durability-related characteristics of double-layer structures of pipelines connected to polymeric sleeves.....15  
*Frishter L.Ju.* Evaluations of the solution to the homogeneous two-dimensional problem of the theory of elasticity in the vicinity of an irregular point of the border .....20  
*Gabbasov R.F., Uvarova N.B., Filatov V.V.* On calculation of beams resting on two-parameter elastic foundations .....25  
*Ter-Martirosjan Z.G., Pronozin Ja.A., Naumkina Ju.V.* Application of prestressed shells to strengthen strip foundations.....30  
*Dashevskij M.A., Mondrus V.L., Shutovskij S.N.* Identification of natural frequencies of multistoried buildings of periodic structure ..... 35  
*Ahmetov V.K.* Aerodynamics of swirling flows in gas outlet pipes of heat generating plants.....41  
*Anohin N.N., Dashevskij M.A., Mondrus V.L., Shutovskij S.N.* Harmonic wave propagation underneath long one-storied buildings .....47  
*Vlasov A.N., Volkov-Bogorodskij D.B., Znamenskij V.V., Mnushkin M.G.* Finite element modeling of problems of geomechanics and geophysics ..... 52  
*Sargsjan A.E., Gukova E.G., Shaposhnikov N.N.* Dynamic mechanical model of bases of structures that takes account of inertial properties of soils ..... 66  
*Bal'zannikov M.I., Rodionov M.V.* Results of the research of the earth-filled overflow dam with a curving and step-shaped downstream section..... 67  
*Platov N.A., Potapov A.D., Lavrusevich A.A., Lavrova N.M., Kurbatova A.S.* Evaluation of subsoil resources, land resources and soils in the course of engineering and ecological surveys at the design stage of construction projects ..... 77  
*Raschepkina S.A., Bojchuk S.V.* Modelling of a metal ribbed cylindrical panel ..... 84  
*Vardanjan G.S.* Functional similarity method applicable as a solution to some linear differential equations with variable coefficients .....91  
*Bedov A.I., Babkov V.V., Gabitov A.I., Gajsin A.M., Reznov O.A., Kuznecov D.V., Gafurova Je.A., Sinicin D.A.* Structural solutions and special features of the thermal protection analysis of exterior walls of buildings made of autoclaved gas-concrete blocks.....98

TECHNOLOGY OF CONSTRUCTION PROCEDURES.  
MECHANISMS AND EQUIPMENT

*Fedosov S.V., Maslennikov V.A., Osadchij Ju.P., Markelov A.V.* Resource-saving technology of construction machinery operation.....104

Editor in chief  
Member of the Russian Academy  
of Architecture and Construction Sciences  
(RAASN), DSc, Prof. **V.I. Telichenko**,  
rector of the MSUCE

Editorial board  
Deputy Editor:  
Corresponding member of RAASN,  
DSc, Prof. **E.A. Korol**  
DSc, Prof. **M.V. Samokhin**  
Ph.D., Prof. **N.S. Nikitina**

Executive secretary –  
Member Russian Academy  
of Natural Sciences,  
DSc, Prof. **A.D. Potapov**

Editorial council  
**V.I. Telichenko** (Chairman)

**S.A. Ambartsumyan**  
**O.O. Egorichev**  
**Y.M. Bazhenov**  
**A.N. Dmitriev**

**E.A. Korol** (Vice-Chairman)  
**N.P. Koshman**

**N.S. Nikitina** (Vice-Chairman)  
**S.V. Nikolaev**

**A. Marfy** (University of Central Lancashire,  
England)

**J.P. Pal** (Technical University of Berlin, Germany)  
**Wu Chou** (Beijing University of Civil Engineering  
and Architecture, China)

**J. Buynak** (University of Zilina, Slovakia)  
**A.D. Potapov** (Executive secretary)

**E.I. Pupyrev**  
**M.V. Samokhin** (Vice-chairman)

**V.N. Sidorov**  
**Z.G. Ter-Martirosyan**  
**V.I. Travush**

**D.Yu. Chunyaev** (Executive vice-secretary)

Address:  
MSUCE, 26, Yaroslavskoje shosse, Moscow, 129337  
Tel./fax +7 (499) 188-15-87, (499) 188-29-75,  
e-mail: vestnikmgsu@mgsu.ru,  
online version of the journal  
<http://www.mgsu.ru>

Editorial team of issues:  
Executive editor *O.Je. Goryacheva*  
Editor *O.V. Goryacheva*  
Computer editing and layout *O.V. Goryacheva*,  
layout *D.A. Matveev*,  
*Russian-English translation O.V. Yudekova*

Reprint or reproduction of material numbers  
by any means in whole or in part is permitted only with  
prior written permission of the publisher – MSUCE.  
Distributed by subscription

<i>Zaletova N.A., Voronov Ju.V.</i> New technologies to solve the present-day challenges of waste water treatment.....	109
<i>Mihajlov I.E.</i> Spiral chambers of combined pump-turbine units and centrifugal pumps.....	112

RESEARCH OF BUILDING MATERIALS

<i>Gujumdzhan P.P., Vetrenko T.G., Ladaev N.M., Zinov'eva E.V.</i> Interaction of mechanically activated water with the cement binding agent .....	117
--	-----

SAFETY OF STRUCTURAL SYSTEMS. ENVIRONMENTAL CHALLENGES IN BUILDING AND STRUCTURES. GEOECOLOGY

<i>Voronov Yu.V., Shirkova T.N.</i> Development of the system of engineering protection of territories and structures from impounding .....	121
<i>Oreshkin D.V., Saharov G.P., Chebotaev A.N.</i> Geo-ecological problems of drilling waste disposal in the yamal peninsula.....	125
<i>Sazonov Je.V., Suhorukova I.A.</i> Assessment of noise pollution of inhabited territories impacted by airfields.....	130
<i>Suhorukova I.A.</i> Setting boundaries of residential areas in the environs of airfields .....	135
<i>Alekseev E.V.</i> Aquatic system as the subject of aquatic ecology and the starting point of the water treatment technology.....	140
<i>Chizhikov I.A., Shcherbina E.V.</i> Environmental safety of construction of oil and gas field access roads in western siberia.....	145
<i>Frog B.N., Grineva I.N., Kugryashova G.N., Nikiforova A.P.</i> Development of the principal plan of environmental protection actions for kotlass pulp and paper plant and its ecological feasibility .....	152
<i>Monahov B.E., Shilova L.A.</i> Using renewable energy sources in development of the far eastern region of the russian federation .....	161

ECONOMICS, MANAGEMENT AND ORGANIZATION OF CONSTRUCTION PROCESSES

<i>Lukmanova I.G., Nezhnikova E.V.</i> Interdependence of cost and quality of items of real estate .....	170
<i>Granev V.V., Istomin B.S., Haritonov A.A.</i> Compilation of regional construction catalogues as a relevant method of quality improvement and acceleration of design development and construction.....	175
<i>Mihajlov V.Ju., Kudishin V.Ju.</i> Setting up a business centre for the transfer of civil engineering technologies.....	182

INFORMATION SYSTEMS AND LOGISTICS IN CIVIL ENGINEERING

<i>Alduhov O.A., Brjuhan' A.F.</i> Software package for statistical processing of upper-air data designated for assessment of conditions of atmospheric dispersion as part of geoeological justification of construction of nuclear and thermal power plants .....	188
For authors .....	193

## УВАЖАЕМЫЕ АВТОРЫ И ЧИТАТЕЛИ ЖУРНАЛА!

Одним из важных факторов дальнейшего успешного развития университетской науки НИУ МГСУ считает совершенствование своей издательской политики, уделяя особое внимание изданию научных журналов. В настоящее время университет как учредитель и издатель поставил перед собой задачу повышения качества публикаций в издаваемых журналах, привлечения к ним внимания более широкого круга российских и зарубежных ученых и специалистов.

Безусловно, ключевой фигурой в процессе жизнедеятельности журнала является автор публикации. И на первом месте по важности по-прежнему остаются научная ценность, актуальность статьи. В то же время большая роль в решении задачи продвижения журналов на более высокий уровень отводится редакционно-издательской подготовке выпусков.

Наши уважаемые авторы и читатели заметили, что вышедший в январе первый номер «Вестника МГСУ» 2012 года отличается по своему оформлению от выпусков предыдущих лет. Эти изменения продиктованы не только стремлением редакции обновить внешний облик журнала с точки зрения дизайнера, но и привести детали оформления в соответствие с современными требованиями российских и международных стандартов в области научной периодики.

Редакция видит своей целью не только помочь автору опубликовать результат его научно-исследовательской деятельности, но и представить в журнале библиографический аппарат, дополнительную информацию о статье, о самом авторе в такой форме, которая доступна и российскому, и зарубежному читателю. Правила такого представления уже давно сложились, являются общепринятыми, и их придерживается большинство ведущих научных журналов, входящих в международные базы научного цитирования.

Продолжая работу по совершенствованию печатных выпусков «Вестника МГСУ», редакция планирует дальнейшее развитие сайта журнала, с тем чтобы еще более расширить возможности оперативного продвижения публикуемых материалов к читателям всего мира, а в будущем обеспечить интерактивный формат в общении с авторами и рецензентами.

От редакции

## АРХИТЕКТУРА И ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО. РЕКОНСТРУКЦИЯ И РЕСТАВРАЦИЯ

УДК 711.4 + 624.1

**Ю.В. Алексеев, В.Л. Беляев**

*ФГБОУ ВПО «МГСУ»*

### ПОДЗЕМНЫЕ ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ КАК СИСТЕМНЫЙ ЭЛЕМЕНТ ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СРЕД РАЗВИТИЯ ГОРОДСКОЙ ТЕРРИТОРИИ

Рассмотрена актуальная проблема градостроительного освоения подземного пространства. Проиллюстрированы схемы развития и возможной трансформации городского пространства («территории») при застройке. Приведены схемы пространственного расположения членения пространства территории на иерархических «градостроительных» уровнях. Каждому уровню соответствует свой масштаб рассмотрения, определяемый при системном анализе объектов I—IV. Вертикальные уровни включают уровень недр и замкнутого пространства подземных зданий и сооружений. Приводится вариант дальнейшего членения градостроительного пространства для целей дифференцированной оценки его качества. Указаны принципы динамики иерархической лестницы градостроительных уровней. Предложенный подход требует развития, в т.ч. применительно к специфике подземного строительства.

**Ключевые слова:** освоение подземного пространства, модель пространственных сред, градостроительные уровни, ярусы.

Эффективное градостроительное освоение подземного пространства как важнейшего элемента и резерва комплексного пространственного развития современных крупных городов возможно только при учете функционально-планировочных, архитектурно-конструктивных и технических требований, связанных со спецификой подземных зданий и сооружений (далее — ПЗС), принципами их пространственной организации. Специфика и сложность подземного строительства заключается в частности в значительно более богатой (по сравнению с наземными строениями) типологической вариантности ПЗС и их комплексов. Сами по себе они могут быть частью наземных зданий и сооружений или могут быть независимы (автономны) от них, представляя объемные (точечные) или линейные сооружения. Однако варианты пространственной компоновки в силу меньшего объема планировочных ограничений под землей могут быть самые разнообразные.

Пространственная среда градостроительного развития (развития «территории») может быть представлена как взаимодействующая система, включающая четыре основные подсистемы пространственных сред: «земля» (земная поверхность), «недра» (подземная часть «территории»), «здание» (включая ПЗС), «надземная территория» (объекты I—IV). Согласно этой модели пространство представляется в виде различных комбинаций объектов, количество которых бесконечно (рис. 1). Вместе с тем территории городов и иных населенных пунктов всегда фиксируются границами, устанавливаемыми на расчетный срок их генеральными планами. Функциональные, социальные, экономические, технические возможности и ресурсы общества также ограничены. Следовательно, в каждом конкретном случае будет ограниче-

но и число комбинаций проектируемых объектов, что предполагает наличие и необходимость учета закономерностей их сочетания (рис. 2).

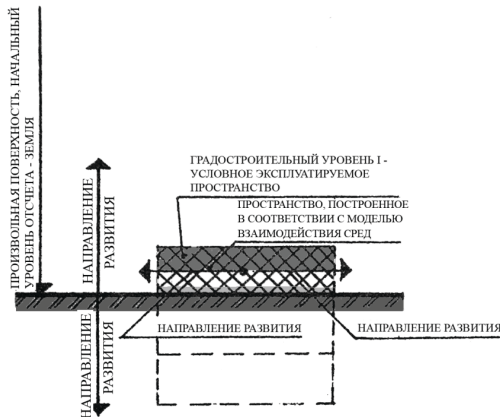


Рис. 1. Схема развития городского пространства («территории»)

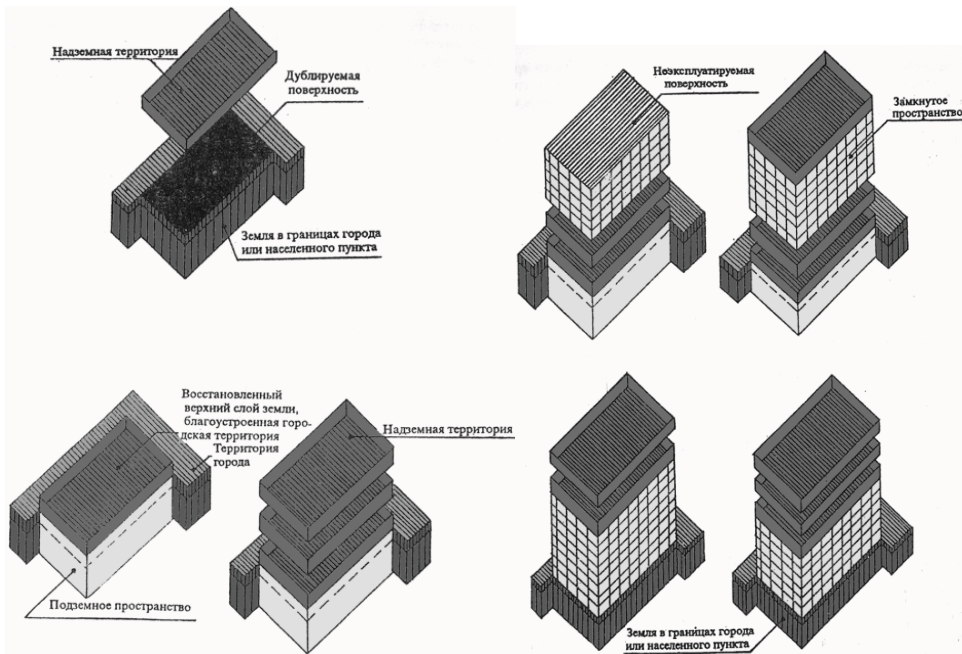


Рис. 2. Схемы возможной трансформации городского пространства («территории») при застройке

Сочетание указанных подсистем основано на взаимодействии и взаимовлиянии многих функциональных процессов, функций и факторов, которые проявляются по-разному, определяя выбор конкретного варианта рационального градостроительного использования (освоения) территории города и его «пригородной зоны». Существующая проектно-планировочная практика по разным причинам далеко не всегда учитывает закономерности логической модели в развивающихся пространственных средах. Это означает, что не используются в полной мере возможности составляющих ее пространственных объектов. В большей мере это касается потенциала подземного пространства, использование которого является магистральным путем мировых мегаполисов, обеспечивающих их устойчивое развитие.



Вместе с тем, несмотря на различия во влиянии данных объектов на использование земли и территории города в целом, в системе сочетаний можно выделить общее свойство — наличие иерархических «градостроительных» уровней (рис. 3), для которых характерны «свои» специфические особенности организации среды. Для данных уровней первым и базисным является двухмерное градостроительное пространство в уровне земли.

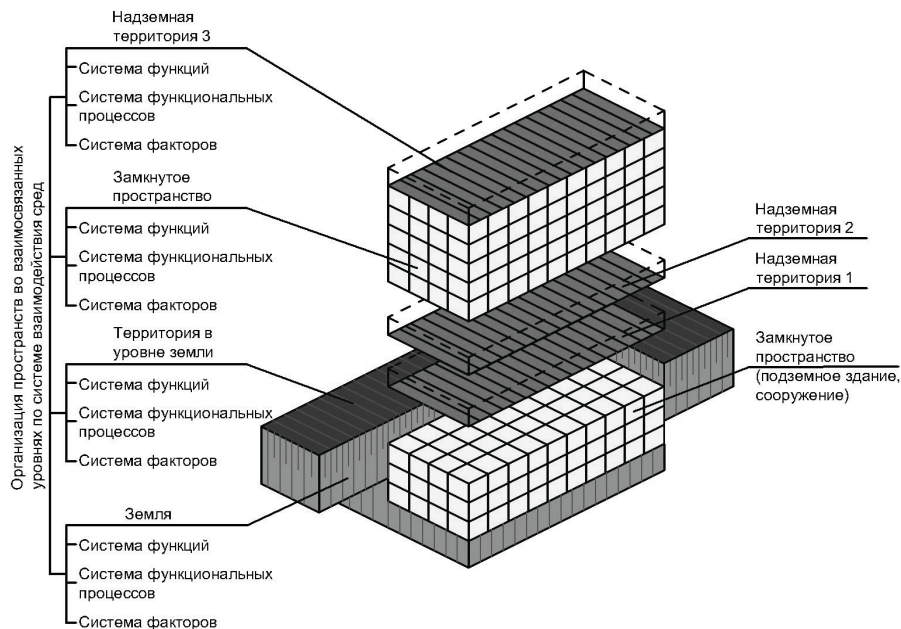


Рис. 3. Иерархические уровни развития городского пространства («территории»): принятое на рисунке обозначение «территория в уровне земли» соответствует выделяемой выше подсистеме «земля», а обозначение «земля» соответствует выделяемой выше подсистеме «недра»

Градостроительные уровни организации территорий можно представить как материально-пространственные системы, различающиеся по принципам функциональной организации и геометрическим размерам. Для них характерна типология, учитывающая интегральные показатели, специфику взаимодействия объектов I—IV и особенности их «взаимоотношений» в зависимости от расположения по вертикали и горизонтали (рис. 4, а).

В качестве планировочных единиц с известными градостроительными особенностями для типологии горизонтальных градостроительных уровней целесообразно использовать функционально-планировочные образования, выделяемые согласно Градостроительному кодексу города Москвы в составе региональных нормативов градостроительного проектирования города. К ним относятся, например, жилой (земельный) участок, микрорайон, район. Детализация данной классификации в составе Правил землепользования и застройки города в конкретных территориальных зонах учитывает в частности особенности, требования и возможности сочетания жилой, общественной и промышленной застройки.

Понятие о градостроительных уровнях, таким образом, рассматривается в широком значении и относится к системам, которые существуют благодаря связям, объединяющим составляющие их объекты I—IV в единое целое. Причем связи в пределах каждого градостроительного уровня имеют конкретный характер благодаря системной природе организации пространственной среды жизнедеятельности людей. В силу этого градостроительные уровни реальны и вычленение их в проектно-планировочной и изыскательской практике необходимо.

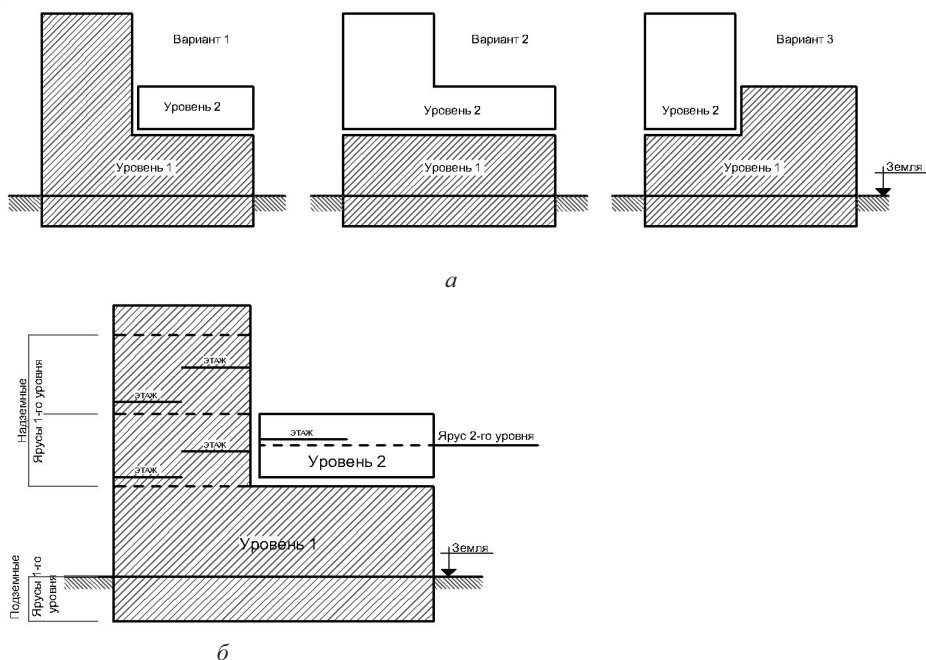


Рис. 4. Пространственное расположение градостроительных уровней: *а* — варианты типологических особенностей градостроительных уровней по условиям пространственного расположения; *б* — вариант членения градостроительного пространства для целей дифференцированной оценки его качества

В качестве планировочных единиц с известными градостроительными особенностями для типологии горизонтальных градостроительных уровней целесообразно использовать функционально-планировочные образования, выделяемые согласно Градостроительному кодексу города Москвы в составе региональных нормативов градостроительного проектирования города. К ним относятся, например, жилой (земельный) участок, микрорайон, район. Детализация данной классификации в составе Правил землепользования и застройки города в конкретных территориальных зонах учитывает в частности особенности, требования и возможности сочетания жилой, общественной и промышленной застройки.

Понятие о градостроительных уровнях, таким образом, рассматривается в широком значении и относится к системам, которые существуют благодаря связям, объединяющим составляющие их объекты I—IV в единое целое. Причем связи в пределах каждого градостроительного уровня имеют конкретный характер благодаря системной природе организации пространственной среды жизнедеятельности людей. В силу этого градостроительные уровни реальны и вычленение их в проектно-планировочной и изыскательской практике необходимо.

Характеристика градостроительных систем показывает, что при усложнении их организации система «нижнего» уровня (например, участок) органично входит в систему следующего уровня (микрорайон) и т.д. Поэтому развитие городских территорий происходит по определенной иерархической схеме [1]. При этом иерархическая лестница градостроительных уровней объективно строится с учетом исторического принципа развития территорий.

Таким образом, каждому градостроительному уровню соответствует свой уровень рассмотрения, определяемый при системном анализе объектов I—IV. При этом необходимо учитывать различия в «потенциальных возможностях» каждого градостроительного уровня. Дискретный характер рассмотрения пространственной среды

при системном анализе, позволяющем условно разделить ее на составляющие, предполагает разработку связующих переходов для разных направлений развития подсистем, включая ПЗС. При этом для упорядочения процесса планирования и проектирования целесообразно использовать такие понятия, как наземный, надземный или подземный планировочный уровень, ярус (см. рис. 4, б).

Предложенный методический подход, безусловно, должен иметь развитие применительно к специфике той или иной подсистемы, включая существенную специфику градостроительного освоения подземного пространства.

#### Библиографический список

1. Градостроительный кодекс Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=12279>. Дата обращения: 22.02.2012.

*Поступила в редакцию в январе 2012 г.*

**Об авторе:** **Алексеев Юрий Владимирович** — доктор архитектуры, профессор, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»**, Москва, Ярославское шоссе, д. 26, (8495) 926-98-91, [alexeev\\_grado@mail.ru](mailto:alexeev_grado@mail.ru);

**Беляев Валерий Львович** — кандидат технических наук, **ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет»**, Москва, Ярославское шоссе, д. 26, (8499) 188-94-54, [vbelyaev2011@mail.ru](mailto:vbelyaev2011@mail.ru).

**Для цитирования:** *Алексеев Ю.В., Беляев В.Л. Подземные здания и сооружения как системный элемент взаимодействующих пространственных сред развития городской территории // Вестник МГСУ. 2012. № 2. С. 6—10.*

**Ju.V. Alekseev, V.L. Beljaev**

#### UNDERGROUND BUILDINGS AND STRUCTURES AS CONSTITUENT ELEMENTS OF INTERACTING SPATIAL ENVIRONMENTS WITHIN THE URBAN DEVELOPMENT FRAMEWORK

The relevant problem of the underground space assimilation is considered in the article. The authors illustrate urban development patterns and potential transformation of the urban space ("the territory") in the course of its development. Patterns of layouts of varied space division options are provided in compliance with multiple layers of the urban space. Each layer has its standard of consideration that is identified in the course of the systemic analysis of Items I—IV. Vertical levels include the level of subsurface resources and the enclosed space of subterranean buildings and structures. The pattern of further subdivision of the urban space is provided for the purpose of differentiated assessment of its quality. The principles of dynamics of urban layers are also provided in the article. The approach proposed in the article needs further development, namely, in terms of its application to the specific features of subterranean construction undertakings.

**Key words:** assimilation of the underground space, model of spatial environments, town-planning layers, tiers.

#### References

1. Urban Development Code of the Russian Federation. URL: <http://www.base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=12279> (date of access 22.02.2012).

About the authors: **Alekseev Jurij Vladimirovich** — Doctor of Architecture, Professor, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russia, [alexeev\\_grado@mail.ru](mailto:alexeev_grado@mail.ru), 8 (495) 926-98-91;

**Beljaev Valerij L'vovich** — Candidate of Technical Sciences, **Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE)**, 26 Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russia, [vbelyaev2011@mail.ru](mailto:vbelyaev2011@mail.ru), 8 (499) 188-94-54.

For citation: *Alekseev Ju.V., Beljaev V.L. Podzemnye zdaniya i sooruzhenija kak sistemnyj jelement vzaimodejstvujuschih prostranstvennyh sred razvitija gorodskoj territorii* [Underground Buildings and Structures as Constituent Elements of Interacting Spatial Environments within the Urban Development Framework], *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2012, Issue # 2, pp. 6—10.

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ. ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 539.3

**О.А. Егорычев, О.О. Егорычев, В.В. Брендэ**

*ФГБОУ ВПО «МГСУ»*

### СВОБОДНЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОЙ ОРТОТРОПНОЙ ПЛАСТИНЫ-ПОЛОСЫ

Рассмотрена новая постановка краевой задачи о собственных колебаниях однородной предварительно напряженной ортотропной пластины-полосы с различными граничными условиями. В качестве уравнения движения используется новое приближенное гиперболическое (в отличие от большинства работ, где используется параболическое) уравнение колебания однородной ортотропной пластины-полосы. Используются вновь выведенные граничные условия соответственно шарнирного, жесткого, упругого (вертикального) закрепления, а также свободного от закрепления края пластины, преобразование Лапласа и не стандартное представление общего решения однородного дифференциального уравнения с постоянными коэффициентами. Подробно изложена задача о свободных колебаниях однородной ортотропной пластины-полосы, жестко закрепленной на противоположных сторонах, кроме того, приведены (без вывода) частотные уравнения пластины, имеющей следующие граничные условия: смешанное жесткое и шарнирное закрепление на противоположных сторонах, шарнирно закрепленный край с одной стороны и свободный от закрепления край с другой, смешанное жесткое и упругое закрепление на противоположных сторонах. Приведенные результаты могут быть полезны в тех областях строительства и техники, в которых используются плоские элементы конструкций.

**Ключевые слова:** механика деформируемого тела, ортотропная пластина, собственные колебания, анизотропия, частотное уравнение, краевая задача, теория упругости, вязкоупругость.

Развитие современной строительной техники и строительных технологий делает необходимыми постоянные исследования в области механики деформируемого тела. В данной работе рассматривается однородная ортотропная пластина-полоса с различными закреплениями на противоположных сторонах.

В декартовой системе координат  $(x, y, z)$  рассматривается однородная предварительно напряженная ортотропная пластина-полоса, срединная плоскость которой совпадает с координатной плоскостью  $XOY$ , ось  $Z$  направлена вертикально вверх. Пластина занимает в пространстве область  $(y \in (-\infty; +\infty), x \in [-l; l], z \in [-h; h])$ .

Однородное уравнение поперечных колебаний пластины представим в виде [1]

$$\frac{\partial^2 W}{\partial t^2} + \frac{h^2}{6} \left[ A_1 \frac{\partial^4 W}{\partial t^4} - A_2 \frac{\partial^4 W}{\partial t^2 \partial x^2} + A_3 \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} \right] = 0, \quad (1)$$

где

$$A_1 = \rho \left[ (1 + c_0)^{-1} A_{33}^{-1} + 3(1 + a_0)^{-1} A_{55}^{-1} \right],$$

$$A_2 = \left[ 2(1 + c_0)(1 + a_0)^{-1} - 2A_{13}A_{33}^{-1} + 3A_{33}^{-1}A_{55}^{-1} (A_{11}A_{33} - A_{13}^2) \right],$$

$$A_3 = \frac{1}{\rho} \left[ 2(1 + c_0) A_{33}^{-1} (A_{11} A_{33} - A_{13})^2 \right],$$

где  $\rho$  — плотность,  $A_{ij}$  — константы ортотропного материала;  $a_0, c_0$  — начальные перемещения [2].

1. Пусть пластина жестко закреплена [3]:  $W = \frac{\partial W}{\partial x} = 0$  при  $x=0, l$ . (2)

Начальные условия нулевые:  $W = \frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} = \frac{\partial^3 W}{\partial t^3} = 0$ ,  $t = 0$ . (3)

Решение уравнения (1) будем искать в виде

$$W(x, t) = W_0(x) \exp\left(i\xi \frac{b}{h} t\right), \quad (4)$$

где  $b$  — скорость поперечной волны;  $\xi$  — безразмерная частота.

Тогда получим обыкновенное дифференциальное решение уравнения

$$\frac{\partial^4 W_0}{\partial x^4} + B_1 \frac{\partial^2 W_0}{\partial x^2} + B_2 W_0 = 0, \quad (5)$$

где  $B_1 = \frac{A_2}{A_3} \left(\xi \frac{b}{h}\right)^2$ ;  $B_2 = \left(\xi \frac{b}{h}\right)^2 \left[ \frac{A_1}{A_3} \left(\xi \frac{b}{h}\right)^2 - \frac{1}{A_3} \right]$ . (6)

Общее решение уравнения (5) запишем в виде

$$W(x, t) = C_1 \left[ \frac{\cos(\alpha_0 l)}{\alpha_0^n} + \frac{\cos(\alpha_1 l)}{\alpha_1^n} \right] + C_2 \left[ \frac{\cos(\alpha_0 l)}{\alpha_0^n} - \frac{\cos(\alpha_1 l)}{\alpha_1^n} \right] + C_3 \left[ \frac{\sin(\alpha_0 l)}{\alpha_0^n} + \frac{\sin(\alpha_1 l)}{\alpha_1^n} \right] + C_4 \left[ \frac{\sin(\alpha_0 l)}{\alpha_0^n} - \frac{\sin(\alpha_1 l)}{\alpha_1^n} \right], \quad (7)$$

где  $C_i$  — постоянные интегрирования;  $i\alpha_{0,1}$  — корни характеристического уравнения

$$\alpha^4 + B_1 \alpha^2 + B_2 = 0, \quad (8)$$

где  $\alpha_{1,0}^2 = -\frac{B_1}{2} \pm \sqrt{\frac{B_1^2}{4} - B_2}$ .

Целые числа  $(m, n)$  выбираются при удовлетворении граничных условий при  $x = 0$ , а другие граничные условия при  $x = l$ , приводят к трансцендентному уравнению.

При помощи граничных условий (2) и используя решение (7), получим  $n = 0$ ,  $m = 1$ ,  $C_1 = C_3 = 0$ , из условий при  $x = l$  получим

$$C_2 \left[ \cos(\alpha_0 l) - \cos(\alpha_1 l) \right] + C_4 \left[ \frac{\sin(\alpha_0 l)}{\alpha_0} - \frac{\sin(\alpha_1 l)}{\alpha_1} \right] = 0. \quad (9)$$

$$C_2 \left[ \alpha_0 \sin(\alpha_0 l) - \alpha_1 \sin(\alpha_1 l) \right] - C_4 \left[ \alpha_0 \cos(\alpha_0 l) - \cos(\alpha_1 l) \right] = 0.$$

Из условий нетривиальности решения системы (9) получаем трансцендентное уравнение

$$2 - \left( \frac{\alpha_0^2 + \alpha_1^2}{\alpha_0 \alpha_1} \right) \sin(\alpha_0 l) \sin(\alpha_1 l) - 2 \cos(\alpha_0 l) \cos(\alpha_1 l) = 0. \quad (10)$$

Представим тригонометрические функции в виде сходящихся рядов и, используя только первые два члена разложения и воспользовавшись представлением (6), получим частотное уравнение

$$\xi^4 + \left(\frac{h}{b}\right)^2 \frac{A_3}{A_1 A_2} \left( \frac{6}{l^2} \left[ \frac{A_2^2}{A_3} - 3A_1 \right] - \frac{A_2}{A_3} \right) \xi^2 - \frac{2}{l^2} \left(\frac{h}{b}\right)^4 \frac{A_3}{A_1 A_2} = 0. \quad (11)$$

2. Пусть пластина жестко закреплена при  $x = 1$  и шарнирно при  $x = 0$ .

Проделив аналогичное ранее изложенному решение задачи, также используя только два первых члена разложения, получим частотное уравнение вида

$$\xi^4 - \left(\frac{h}{b}\right)^2 \frac{6}{A_1 l^2} \left( \frac{6}{l^2} + A_2 \right) \xi^2 + \frac{48}{l^4} \left(\frac{h}{b}\right)^4 \frac{A_3}{A_1} = 0. \quad (12)$$

3. Пусть пластина шарнирно закреплена при  $x = 0$  и свободна от напряжений при  $x = 1$ , то частотное уравнение будет иметь вид

$$\xi^4 - \left(\frac{h}{b}\right)^2 \frac{1}{A_1 l^2} \left( l^2 + 6A_2 + 4 \left( \frac{7A_{33} - 4A_{13}}{3A_{33} - 2A_{13}} \right) \rho A_{55} \left(\frac{h}{b}\right)^4 \right) \xi^2 + \left( 1 + \left( \frac{7A_{33} - 4A_{13}}{3A_{33} - 2A_{13}} \right) \frac{l^2}{3A_3 \rho A_{55}} \left(\frac{h}{b}\right)^4 \right) \frac{12}{l^4} \left(\frac{h}{b}\right)^4 \frac{A_3}{A_1} = 0. \quad (13)$$

4. Пусть пластина жестко закреплена при  $x = 0$  и упруго заделана при  $x = 1$ , то частотное уравнение будет иметь вид

$$\xi^{10} + \frac{D_1}{D_0} \xi^8 + \frac{D_2}{D_0} \xi^6 + \frac{D_3}{D_0} \xi^4 + \frac{D_4}{D_0} \xi^2 + \frac{D_5}{D_0} = 0, \quad (14)$$

где  $D_i$  — есть функция от параметров:  $A_{11}, A_{31}, A_{13}, A_{33}, A_{55}, \rho, h, b, l, a_0, c_0$ .

Анализируя полученные решения, следует отметить, что граничные условия в полученных решениях влияют на порядок частотного уравнения.

#### Библиографический список

1. Егорычев О.О. Колебания плоских элементов конструкций. М. : Изд-во АСВ, 2005. С. 45—49.
2. Arun K Gupta, Neeri Agarwal, Sanjay Kumar. Free transverse vibrations of orthotropic viscoelastic rectangular plate with continuously varying thickness and density // Institute of Thermomechanics AS CR, Prague, Czech Rep 2010 # 2.
3. Филиппов И.Г., Чебан В.Г. Математическая теория колебаний упругих и вязкоупругих пластин и стержней. Кишинев : Штиница, 1988. С. 27—30.

Поступила в редакцию в феврале 2012 г.

Об авторах: Егорычев Олег Александрович — доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», 129337 Ярославское шоссе, 26, тел. 8(495)320-4302;

Егорычев Олег Олегович — доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», 129337 Ярославское шоссе, 26, тел. 8(495) 287-49-14, misi@mgisu.ru;

Брендэ Владимир Владиславович — старший преподаватель, ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет», 129337 Ярославское шоссе, 26, тел. 8(499)161-2157, brende@mail.ru.

Для цитирования: Егорычев О.А., Егорычев О.О., Брендэ В.В. Свободные поперечные колебания предварительно напряженной ортотропной пластины-полосы // Вестник МГСУ. 2012. № 2. С. 11—14.

O.A. Egoroychev, O.O. Egoroychev, V.V. Brendje

#### NATURAL TRANSVERSE VIBRATIONS OF A PRESTRESSED ORTHOTROPIC PLATE-STRIPE

The article represents a new outlook at the boundary-value problem of natural vibrations of a homogeneous pre-stressed orthotropic plate-stripe. In the paper, the motion equation represents a

new approximate hyperbolic equation (rather than a parabolic equation used in the majority of papers covering the same problem) describing the vibration of a homogeneous orthotropic plate-stripe. The proposed research is based on newly derived boundary conditions describing the pin-edge, rigid, and elastic (vertical) types of fixing, as well as the boundary conditions applicable to the unfixed edge of the plate. The paper contemplates the application of the Laplace transformation and a non-standard representation of a homogeneous differential equation with fixed factors. The article proposes a detailed representation of the problem of natural vibrations of a homogeneous orthotropic plate-stripe if rigidly fixed at opposite sides; besides, the article also provides frequency equations (no conclusions) describing the plate characterized by the following boundary conditions: rigid fixing at one side and pin-edge fixing at the opposite side; pin-edge fixing at one side and free (unfixed) other side; rigid fixing at one side and elastic fixing at the other side. The results described in the article may be helpful if applied in the construction sector whenever flat structural elements are considered. Moreover, specialists in solid mechanics and theory of elasticity may benefit from the ideas proposed in the article.

**Key words:** solid mechanics, orthotropic plate, natural vibrations, anisotropy, frequency equation, boundary value problem, theory of elasticity, viscoelasticity.

#### References

1. Egorychev O.O. *Kolebanija ploskih elementov konstrukcij* [Vibrations of Two-Dimensional Structural Elements]. Moscow, ASV, 2005, pp. 45—49.
2. Arun K Gupta, Neeri Agarwal, Sanjay Kumar. Free transverse vibrations of orthotropic viscoelastic rectangular plate with continuously varying thickness and density// Institute of Thermomechanics AS CR, Prague, Czech Rep, 2010, Issue # 2.
3. Filippov I.G., Cheban V.G. *Matematicheskaja teorija kolebanij uprugih i vjazkouprugih plastin i sterzhnej* [Mathematical Theory of Vibrations of Elastic and Viscoelastic Plates and Rods]. Kishinev, Shti-nica, 1988, pp. 27—30.

About the authors: **Oleg Aleksandrovich Egorychev** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE), 26 Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russia, 8 (495) 320-4302;

**Oleg Olegovich Egorychev** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE), 26 Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russia, misi@mgsu.ru, 8 (495) 287-4914;

**Vladimir Vladislavovich Brendje** — Senior Lecturer, Moscow State University of Civil Engineering (MSUCE), 26 Jaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russia, brende@mail.ru, 8 (499) 161-2157.

For citation: Egorychev O.A., Egorychev O.O., Brendje V.V. *Svobodnye poperechnye kolebanija predvaritel'no naprjazhennoj ortotropnoj plastiny-polosy* [Natural Transverse Vibrations of a Prestressed Orthotropic Plate-Stripe], *Vestnik MGSU* [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering], 2012, Issue # 2, pp. 11—14.