

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

Выходит 4 раза в год

Учредитель и издатель

Пензенский государственный
университет архитектуры
и строительства

Главная редакция:

А.М. Данилов (главный редактор)
Е.В. Королев (заместитель
главного редактора)
И.А. Гарькина (ответственный
секретарь)

Адрес редакции:

440028, г.Пенза, ул.Германа Титова, 28,
ПГУАС
Тел/факс 8412 929501
E-mail: regas@pguas.ru
fmatem@pguas.ru
www.rais.pguas.ru

Редакторы: М.А. Сухова,
Н.Ю. Шалимова

Дизайн обложки Е.Г. Лапшина

Компьютерная верстка
Н.А. Сазонова

Перевод О.В. Гринцова

Журнал зарегистрирован
в Федеральной службе по надзору
за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации
ПИ №ФС77-25956 от 13 октября 2006 г.

Подписной индекс:
36946 в каталоге Роспечати

Авторы опубликованных материалов
несут ответственность за достоверность
приведенных сведений, точность данных
по цитируемой литературе и за исполь-
зование в статьях данных, не подлежа-
щих открытой публикации.
Редакция может опубликовать статьи
в порядке обсуждения, не разделяя точку
зрения автора.

Подписано к печати 10.03.2016.
Формат 60x84 1/8.
Уч.-изд.л. 19,0. Тираж 500 экз. Первый завод 100.
Заказ № 143.

Отпечатано в издательстве ПГУАС

РЕГИОНАЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

1(26)/2016

Содержание

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ	4
Figovsky O., Leykin A., Shapovalov L. NONISOCYANATE POLYURETHANES – FROM SCIENTIFIC RESEARCH TO INDUSTRIAL PRODUCTION.....	4
Данилов А.М., Гарькина И.А. ЦЕЛЬ СИСТЕМЫ: АБСТРАКТНАЯ МОДЕЛЬ И ЕЕ ФОРМАЛИЗАЦИЯ	20
Шошин Е.А., Иващенко Ю.Г. ФОРМИРОВАНИЕ НАНОФАЗЫ В СМЕСИ ОПОКА – ИЗВЕЩЬ В ПРИСУТСТВИИ САХАРОЗЫ	24
Селяев В.П., Селяев П.В., Алимов М.Ф., Кечуткина Е.Л. ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ ПРИ СЖАТИИ	29
Гарькина И.А. КОМПОЗИТЫ: ЧАСТНЫЕ КРИТЕРИИ, ФОРМАЛИЗАЦИЯ.....	38
Логанина В.И., Рыжов А.Д., Фролов М.В. ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ШТУКАТУРКИ НА ОСНОВЕ ИЗВЕСТКОВО- ПЕРЛИТОВОГО СОСТАВА НА ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ.....	44
Фокин Г.А., Вилкова Н.Г., Шапошников Н.А. ВОЛНОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА МИНЕРАЛЬНОМ ВЯЖУЩЕМ.....	48
Логанина В.И., Карпова О.В., Рыжов А.Д. ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ШТУКАТУРКИ НА ОСНОВЕ ИЗВЕСТКОВО-ПЕРЛИТОВОГО СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ ДОБАВКИ.....	55

Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Чернов А.Н. ВЛИЯНИЕ ЦВЕТА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РЕЖИМ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАЩИТНО- ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАТУРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ.....	59	Кочеткова М.В., Симутина Н.Н., Чернышова Н.А. ПРИЧИНЫ НИЗКОГО КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ.....	107
Садовникова М.А., Жегера К.В. ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ В КАЧЕСТВЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ В РЕЦЕПТУРЕ ЦЕМЕНТНЫХ И ИЗВЕСТКОВЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ.....	68	Снежкина О.В., Скачков Ю.П., Киселев А.А. ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК СО СРЕДНИМ ПРОЛОТОМ СРЕЗА.....	110
Кочеткова М.В., Щеглова А.С. ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПЕНОБЕТОНА НА ЕГО СЦЕПЛЕНИЕ С ПЕНОПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫМ РАСТВОРОМ.....	74	ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ.....	115
СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ	78	Данилов А.М. ЭРГАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ, ЛИНЕАРИЗАЦИЯ, СТРУКТУРИЗАЦИЯ, ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ	115
Селяев В.П., Осипов А.К., Селяев П.В. ОБРАЗОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ТРЕЩИН В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ХЛОРИДНОЙ КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ ...	78	Аверкин А.Г., Еремкин А.И., Родионов Ю.В., Аверкин Ю.А. РАСХОДОМЕР ДЛЯ ПОВЕРКИ СЧЕТЧИКОВ ХОЛОДНОЙ, ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ И ГАЗА	120
Береговой А.М., Дерина М.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА ПОДЗЕМНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ.....	85	ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ	124
Миряев Б.В., Кузнецов А.А. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПРИ МЕСТНОЙ ПОТЕРЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЕТЧАТЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КУПОЛОВ.....	90	Резник Г.А. УПРАВЛЕНИЕ ТРУДОВЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ СОВРЕМЕННОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ.....	124
Гучкин И.С., Самарцева Е.А., Ласьков Н.Н., Толушов С.А. КОЛОННА ИЗ ТРУБОБЕТОНА ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ.....	99	Учасва Т.В., Кулагина Ю.В. АНАЛИЗ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОАО «ЦЕНТР-ИНВЕСТ»	132
Береговой А.М., Дерина М.А. ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩАЯ КОНСТРУКЦИЯ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ТЕПЛОПOTЕРЬ ПОМЕЩЕНИЯ	102	Петрянина Л.Н., Булдыгина А.А., Карпова О.В.	138
		УЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	138
		Гринцов Д.М., Гринцова О.В., Солманидина Н.В. РАБОТА С НАУЧНЫМ ТЕКСТОМ НА ИНОСТРАННОМ ЯЗЫКЕ	143
		Титова Е.И. ОРГАНИЗАЦИЯ МОДУЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ВУЗЕ	148

Contents

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS. 4	Beregovoy A.M., Derina M.A. USEING OF UNDERGROUND ROOMS HEAT IN ENERGY SAVING85
Figovsky O., Leykin A., Shapovalov L. NONISOCYANATE POLYURETHANES – FROM SCIENTIFIC RESEARCH TO INDUSTRIAL PRODUCTION 4	Miryayev B.V., Kuznetsov A.A. DETERMINATION OF CRITICAL LOADING AT LOCAL BUCKLING OF MESH WOODEN DOME90
Danilov A.M., Garkina I.A. SYSTEM GOAL: ABSTRACT MODEL AND ITS FORMALIZATION 20	Guchkin I.S., Samartseva E.A., Laskov N.N., Tolushov S.A. COLUMN FROM PIPE-CONCRETE FOR MULTI-STOREY BUILDINGS99
Shoshin E.A., Ivashchenko Y.G. FORMATION OF NANO-PHASE IN FLASK – LIME MIXTURE IN PRESENCE OF SUCROSE..... 24	Beregovoy A. M., Derina M. A. HEAT STORAGE CONSTRUCTION FOR COMPENSATION OF HEAT LOSSES102
Selyaev V.P., Selyaev P.V., Alimov M.F., Kechytkina E.L. PHYSICAL CHARACTERISTICS OF STRAIN DIAGRAMS OF CEMENT COMPOSITES UNDER COMPRESSION 29	Kochetkova M.V., Simutina N.N., Chernyshova N.A. REASONS OF LOW QUALITY CONSTRUCTION PRODUCTS.....107
Garkina I.A. COMPOSITES: PARTICULAR CRITERIA, FORMALIZATION 38	Snezhkina O.V., Skashkov Yu.P., Kiselev A.An. ASSESSMENT OF STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH AN AVERAGE SPAN OF SECTION110
Loganina V.I., Ryzhov A.D., Frolov M.V. IMPACT THERMAL INSULATION PLASTER ON THE BASIS OF LIME-PERLITE COMPOSITION ON MOISTURE CONDITIONS OF OUTSIDE WALLS OF BUILDINGS 44	ENGINEERING SYSTEMS..... 115
Fokin G.A., Vilkova N.G., Shaposhnikov N.A. WAVE TECHNOLOGY FOR BUILDING MATERIALS WITH MINERAL BINDERS .. 48	Danilov A.M. ERGATIC SYSTEMS: UNCERTAINTIES, LINEARIZATION, STRUCTURING, PARAMETER ESTIMATION115
Loganina V.I., Karpova O.V., Ryzhov A.D. EFFICIENCY OF APPLICATION OF THERMAL INSULATION PLASTERS BASED ON LIME-PERLITE COMPOSITION USING SILICA-SUPPLEMENTS 55	Averkin A.G., Eremkin A.I., Rodionov Y.V., Averkin Y.A. FLOW METER FOR CHECKING COUNTERS OF COLD, HOT WATER AND GAS120
Nizina T.A., Selyaev V.P., Nizin D.R., Chernov A.N. INFLUENCE OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS COLOR ON THE OPERATING MODE OF PROTECTIVE AND DECORA- TIVE COATINGS UNDER THE IMPACT OF NATURAL CLIMATIC FACTORS 59	ECONOMICS AND MANAGEMENT.. 124
Sadovnikova M.A., Zhegera Ch.V. USE OF SYNTHETIC ZEOLITES AS MODIFIERS IN CEMENT AND LIME DRY MIXES..... 68	Reznik G.A. MANAGEMENT OF LABOR POTENTIAL OF MODERN CONSTRUCTION ORGANIZATION124
Kochetkova M.V., Shcheglova A.S. INFLUENCE OF FOAM CONCRETE SURFACE STRUCTURE ON ITS ADHESION WITH POLYMERCEMENT MORTAR..... 74	Uchaeva T.V., Kulagina Y.V. ANALYSIS OF FINANCIAL STABILITY OF «CENTER-INVEST» 132
BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS..... 78	Petryanina L.N., Buldygina A.A., Karpova O.V. CONSIDERATION OF ENVIRONMENTAL ELEMENTS IN THE DESIGN OF INDUSTRIAL ENTERPRISES 138
Selyaev V.P., Osipov A.K., Selyaev P.V. FORMATION OF LONGITUDINAL CRACKS IN CONCRETE STRUCTURES WHEN USED IN THE CHLORIDE CORROSION OF REINFORCEMENT 78	Grintsov D.M., Grintsova O.V., Solmanidina N.V. WORK WITH A SCIENTIFIC TEXT IN A FOREIGN LANGUAGE.....143
	Titova E.I. ORGANIZATION OF MODULAR TRAINING ON THE EXAMPLE OF STUDYING MATHEMATICS IN CONSTRUCTION UNIVERSITY148

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

NONISOCYANATE POLYURETHANES – FROM SCIENTIFIC RESEARCH TO INDUSTRIAL PRODUCTION*

Oleg Figovsky¹, Alexander Leykin² and Leonid Shapovalov²

¹*Hybrid Coating Technologies, Inc. (USA)figovsky@gmail.com*

Academician of the European Academy of Sciences,

Foreign Member of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences and the Russian
Academy of Engineering;

²*Polymate Ltd.-INRC, Israelleykin_a@hotmail.comchemonol@013net.net*

In this article we try to systematize the last published results in the field of nonisocyanate polyurethanes (NIPUs). The main attention is paid to substitution of conventional polyurethanes cured at ambient temperatures and practically without VOC. Such materials are used mainly in the mass-production of paints, floorings and foam. Sustainable routes and other new ways of NIPU synthesis are described. Also data of hybrid compositions (HNIPUs) are provided.

Keywords: nonisocyanate polyurethanes, hybrid nonisocyanate polyurethanes, cyclic carbonates, polyamines, industrial and architectural coatings

INTRODUCTION

Polyurethanes (PUs) are products of the addition polymerization reaction between di- (or poly-)isocyanates and di- (or poly-)ols. PUs are among the most used polymers in many modern applications – foams, coatings, sealants, elastomers, thermoplastics, adhesives, fibers and so on. [1].

The polyurethane (PU) market today amounts to about 5 % of the total polymer market and the worldwide consumption of PU has increased steadily. The demand in PUs has continued to increase and it will attain in 2016 a production of 18 million tons (~US\$66.4 bln).

However, the use of isocyanates in the manufacturing process can render PU production extremely toxic and dangerous [2]. In fact, these compounds are harmful for human and environment. People exposed to isocyanates can develop a range of short-term health problems. More seriously, isocyanate exposure can lead to long-term asthma and dermatitis if individuals become sensitized. Sensitization is a condition in which the breathing or skin conditions can return with increasing severity on further exposures to the original sensitizing agent or to similar substances, even at very low exposures [2]. MDI (methylene diphenyl isocyanate) and TDI (toluene diisocyanate), the most widely used isocyanates in PU industry, are classified as CMR (Carcinogen, Mutagen and Reprotoxic) [3].

* *These authors' elaboration of nonisocyanate polyurethanes was awarded the NASA Nanotech Briefs®, Nano 50™ Award (USA) and the 2015 Presidential Green Chemistry Challenge Award (USA)*

At the same time, conventional PU have an inherent weakness depending on their molecular composition. Van der Waals forces mainly sets physically and mechanically properties of PU. The strength of these bonds is significantly lower in energy, however [1]. Therefore PU unsatisfactorily stands up to the dynamic load, especially at elevated temperature.

Non-isocyanate sources for PU production have been sought for a long time.

There are several reactions, essentially based on transcarbamoylation, attracted researchers interest due to the possibility to form polyurethanes without isocyanate monomers in the formulations, which complies with the new environment and safety requirements. However these reactions occur at high temperatures and accompanied by the formation of considerable amounts of by-products [4-7].

Nonisocyanate polyurethane (NIPU) based on the reaction of polycyclic carbonates and polyamines are known for more than 50 years. Recently, some reviews dedicated to synthesis of cyclic carbonates (CC) and NIPU have been presented [8-15].

Development of the scientific direction “NIPU based on the reaction of polycyclic carbonates and polyamines” demonstrates a chronological list of patents and applications issued in the field (Table 1). The list also describes the interest of leading companies to commercialize the developments. [Hereinafter patents from the Table 1 are numbered as P1, P2, etc..].

Table 1

Using the reaction of cyclic carbonate with an amine in the synthesis of nonisocyanate urethane polymers

№	Patent No. / Priority (year)	Applicant(s)/ Inventor(s)	Brief description
1	2	3	4
1	US 2802022 / 1954	Groszos, et al. / (American Cyanamid)	A method of preparing a polyurethane which comprises reacting together urea and mono- or poly-β-hydroxyurethane on the base of mono- or polyamine and alkylene carbonate
2	US 2935494 / 1957	Whelan, Jr. et al. / (Union Carbide – today Dow Chemical)	A linear polyurethane product prepared by the reaction of erythritoldicarbonate and a polyfunctional amine
3	US 3072613 / 1957	Whelan, Jr. et al. / (Union Carbide – today Dow Chemical)	A resinous polyurethane product prepared by the reaction of bis-CC and a polyfunctional amine.
4	US 3084140 / 1957	Gurgiolo, et al. / (Dow Chemical)	A polyhydroxy polyurethane resin produced by reacting an aliphatic polyamine and a dicyclic carbonate and subsequent cross-linking the resin by reacting with a poly-functional reactant selected from the group consisting of aldehydes, dicarboxylic acid chlorides, thionyl chloride and sulfuryl chloride and insolubilization of the resin
5	US 3305527 / 1964	Price (Celanese Coatings)	Combining epoxide resins with 1,2-alkylene carbonates and primary amine curing agents such as ethylene diamine is disclosed
6	SU 413824 / 1969	Petrov, et al.	Process for preparing polymer materials with a urethane group in the chain by reaction of an epoxy resin with a polyamine containing urethane groups which are obtained by the reaction of a primary or secondary diamine with bicyclic carbonates
7	SU 359255 / 1971	Petrov, et al.	Non-isocyanate polyurethanes on the base of branched polycyclic carbonates and diamines with $M_w = 500-3000$ (hydroxyurethane diamines, polyether diamines, polyester diamines, siloxanediamines, branched aminoamides)

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

1	2	3	4
8	US 3929731 / 1973	Volkova, et al.	Production of polymeric acetals by reacting nonisocyanate urethane diols with divinyl ethers
9	GB 1495555 / 1974	Petrov, et al.	Method of producing a polyurethane comprising reacting a hydrocarbon polymer having at least one double bond and from 0.26 to 12.2 mol percent cyclocarbonate groups, with a primary or secondary amine
10	SU 529197 / 1975	Fedorova, Figovsky, et al.	A polymer floor base comprising epoxy resin, dicyclic carbonate of polypropylene glycol, xylene diamine and mineral filler
11	SU 563396 / 1976	Figovsky, et al.	Polymer-concrete mix comprising trihydroxyurethane on the base of polyoxypropylenetriamine and propylene carbonate, divinyl ether of ethylene glycol, catalyst and mineral fillers
12	SU 630275 / 1976	Figovsky, et al.	Polymer composition comprising polyoxyalkylene-trioltricyclic carbonate and adduct amine with epoxy resin
13	SU 668337 / 1977	Movsisyan, Figovsky, et al.	Adhesion sublayer for polyethyleneterephthalate films comprising polyurethane acetals obtained by reacting nonisocyanate urethane-containing glycols with divinyl ethers of glycols
14	SU 671318 / 1977	Stroganov, Figovsky	Preparing of epoxy-cyclic carbonate resins
15	SU 704032 / 1976	Figovsky, et al.	Composition of epoxy resin, polyoxypropylenetriol tricyclic carbonate, amine and fillers
16	US 4122068 / 1977	Meyer (Huntsman)	Resistance to thermal shock of anhydride cured epoxy resins is enhanced by addition of polyether dihydroxyalkylcarbamate additives on the base of polyoxyalkylenediamines (M_w 2000-3000) and monocyclic carbonates
17	SU 707258 / 1978	Stroganov, Figovsky, et al.	Preparing of epoxy-cyclic carbonate resins
18	SU 798126 / 1978	Mikheev, et al.	Use of PU-glycols for synthesis of polyesters
19	SU 903340 / 1978	Kutsenok, Figovsky, et al.	Polymer concrete on the base of hybrid composition: epoxy resin-dicyclic carbonate-amine
20	SU 908769 / 1978	Figovsky, et al.	Polymer concrete on the base of hybrid composition: epoxy-cyclic carbonate resin and amine
21	RU 970856 / 1980	Sysoev, Mikheev, et al.	NIPU on the base of aromatic polycyclic carbonates.
22	CA 1247288 / 1982	Hesse (Hoechst)	Epoxy resin based compositions comprise β -hydroxyurethane- modified amine hardeners
23	SU 1110783 / 1983	Stroganov, Figovsky, et al.	Cyclohexyl cyclic carbonate and corresponding NIPU
24	SU 1126569 / 1983	Stroganov, Figovsky, et al.	Aryl cyclic carbonates as adhesion additives in epoxy base compositions
25	SU 1240766 / 1983	Mikheev, et al.	Water-soluble oligomeric urethane from amino-epoxy adduct and monocyclic carbonate and self-curable at 200° C. coatings on the base of thereof
26	US 4484994 / 1984	Jacobs III, et al. (American Cyanamid)	Hydroxyalkyl urethane-containing resin having at least one tertiary amine and at least two hydroxyalkyl urethane groups per molecule. The polymer is obtained by reacting an epoxy resin with one or more amines having at least one secondary amine group and at least one hydroxyalkyl urethane group or a precursor thereof

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

1	2	3	4
27	US 4528363 / 1984	Tominaga (Kansai Paint)	Amino-(β -hydroxyurethanes)and epoxy or acrylic compounds as source blocks for heat-curable resin preparation
28	US 4758632 / 1985	Parekh et al. (American Cyanamid)	A self-cross-linkable acrylic polymer contains at least two hydroxyalkylcarbamate groups per molecule
29	SU 1587899 / 1988	Figovsky, et al.	Flooring on the base of hybrid composition: aromatic epoxy resin, aliphatic epoxy resin, polyoxypropylenetriol tricyclic carbonate and Mannich base amine
30	SU 1754747 / 1990	Stroganov, Figovsky, et al.	Flooring on the base of hybrid composition: aromatic epoxy resin, aliphatic epoxy resin, dicyclic carbonate, aminophenol andpolyoxypropylenediamine
31	SU 1754748 / 1990	Figovsky, et al.	Flooring on the base of hybrid composition: aromatic epoxy resin, polyoxypropylenetrioltriglycidyl ether, polyoxypropylenetriol tricyclic carbonate and aminophenol
32	US 5235007 / 1991	Alexander et al. (Huntsman)	A curing agent mixture for epoxy resin compositions comprises a di-primary amine (M_w 60-400) and an amine-carbamate which is the reaction product of an excess of the di-primary amine and a monocyclic carbonate.
33	US 5175231 / 1992	Rappoport et al.	A method for preparing a urethane by reacting a compound containing a plurality of cyclocarbonate groups with a diamine in which the two amine groups have different reactivities with cyclocarbonate so as to form a urethane oligomer with amine end groups. The urethane oligomer can then be reacted in different ways to form a polyurethane
34	US 5340889 / 1993	Crawford et al. (Huntsman)	Liquid hydroxyurethane products having cyclocarbonate end groups are prepared by reacting a molar excess of a bis-carbonate of a bis-glycidyl ether of neopentyl glycol or 1,4-cyclohexanedimethanol with a polyoxyalkylenediamine. These products are useful for the preparation of PU, PU polyols, polyester PU polyols, and polycarbonate PU polyols
35	US 5677006, US 5707741, US 5855961, US 5935710 / 1993	Hoemel, et al. (Hoechst)	Waterborne coating compositions, including one or more resins having amino-reactive groups, one or more polyamine curing agents, and one or more aminourethanes. The aminourethanes can be reaction products of oligomeric or polymeric compounds containing terminal cyclic carbonate groups, and amines
36	US 6120905 / 1998	Figovsky, et al.	A hybrid nonisocyanate polyurethane network polymer formed by cross-linking at least one cyclocarbonate oligomer and at least one amine oligomer. The cyclocarbonate oligomer contains a plurality of terminal cyclocarbonate groups. At least one cyclocarbonate oligomer further comprises from about 4 % to about 12 % by weight of terminal epoxy groups
37	US 6407198 / 1999	Figovsky, et al. (Polymate)	Chemically resistant materials with high mechanical properties are provided by using polycyclocarbonates of special structure. The polycyclocarbonates are prepared by the reaction of oligocyclocarbonates containing ended epoxy groups with primary aromatic diamine

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

1	2	3	4
38	EP 1070733 / 1999	Figovsky, et al. (Polymate)	Method of synthesis of polyaminofunctionalhydroxyurethane oligomers and hybrid polymers formed therefrom
39	US 7045577 / 2002	Wilkes, et al.	A preparation of novel carbonated vegetable oils (such as carbonated soybean oil) by reacting carbon dioxide with an epoxidized vegetable oil is described. The carbonated vegetable oils advantageously may be used for producing nonisocyanate polyurethane materials
40	US 7232877 / 2002	Figovsky, et al.	A star epoxy compounds and their preparation and use in making star cyclocarbonates, star hydroxy urethane oligomers, and star NIPU and HNIPU are disclosed. Acrylic epoxy compounds, acrylic cyclocarbonates, acrylic hydroxy urethane oligomers, acrylic NIPU and HNIPU and their methods of preparation also are described
41	US 7288595 / 2002	Swarup, et al. (PPG Industries)	A reaction product having polyether carbamate groups formed from polyoxyalkylene amine, and cyclic carbonate, in equivalent ratios ranging from (1:0.5) to (1:1.5) is provided. Further provided is a process for preparing the aforementioned reaction product.
42	US 8143346 and 8450413 / 2003	Diakoumakos, et al. (Huntsman)	A fast curable NIPU and HNIPU polymeric nanocompositions are derived upon crosslinking a mixture comprising of natural or modified nano-clay with either a monomer(s) / oligomer(s) bearing cyclocarbonate group(s) or a mixture of the latter with an epoxy resin, with a hardener bearing amino groups
43	US 6960619 / 2003	Figovsky, et al.	UV-curable liquid acrylic-based compositions (for sealing applications), which include products of reaction of nonisocyanate urethane diols with metacrylic or acrylic anhydride
44	US 7842773 / 2006	Herzig (Wacker)	Organosilicon compounds containingnonisocyanate urethane groups are prepared by reacting aminofunctionalorganosilicon compounds with CC, and, in a second stage, the first stage reaction products are optionally condensed with silanes bearing groups capable of condensation, to give higher molecular weight organosilicon compounds containing urethane groups
45	US 8017719 / 2007	Bernard, et al. (Rhodia)	Method for preparing polyhydroxy-urethanes from amino compounds and compounds carrying cyclic carbonate functions
46	US Application 12/315580, 2008	Birukov, et al. (Polymate, NTI)	A liquid cross-linkable oligomer composition that contains a hydroxyurethane-amine adduct and a liquid-reacting oligomer is proposed. The hydroxyurethane-amine adduct is a product of an epoxy-amine adduct reacting with a compound having one or more terminal cyclocarbonate groups
47	US 7820779 / 2009	Birukov, et al. (Polymate, NTI)	A nanostructured hybrid liquid oligomer composition including at least one epoxy-functional component, at least one cyclic carbonate component, at least one amine-functional component, and, optionally, at least one acrylate (methacrylate) functional component, wherein at least one epoxy, amine, or acrylate (methacrylate) component contains alkoxy silane units

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS

1	2	3	4
48	US 7989553 / 2009	Birukov, et al. (Polymate, NTI)	There are disclosed three-dimensional epoxy-amine polymer networks modified by a hydroxyalkyl urethane, which is obtained as a result of a reaction between a primary amine (one equivalent of the primary amine groups) and a monocyclic carbonate (one equivalent of the cyclic carbonate groups). Such hydroxyalkyl urethane modifier is not bound chemically to the main polymer network
49	US 9115111 / 2009	Cramail, et al. (C.N.R.S., France)	Synthesis of terminal bicarbonate precursors from plant base raw materials
50	US 8853322 / 2009	Mecfel-Marczewsky, et al. (BASF)	Water-dispersible, cyclocarbonate-functionalized vinyl copolymer binder and an amine curing agent. In this binder the emulsifier groups are incorporated in the polymer chain, gives stable aqueous dispersions having a solids content of up to a 30 % by weight
51	US 8703648, US 8975420, US 8951933 / 2009	Hanada, et al.	A new polysiloxane-modified polyhydroxy polyurethane resin derived from a reaction between a 5-membered cyclic carbonate compound and an amine modified polysiloxane compound is disclosed
52	US 8741988 / 2010	Klopsch, et al. (BASF)	Unsaturated monocyclic carbonates as reactive diluents for epoxy resin compositions
53	US 8742137 / 2010	Mecfel-Marczewsky, et al. (BASF)	2-oxo-1,3-dioxolane-4-carboxylic acid esters transesterified with a polyol having a valency of 2 to 5 in the presence of an enzymatic catalyst or an acidic cation exchanger and further cured with polyamines
54	US Application 14/0030526 / 2011	Uruno, et al.	Polyhydroxyurethanemicroparticles are spherical polymer microparticles having particle sizes of 0.1 μm to 300 μm and have been derived from cyclic carbonates and amines
55	US Application 20140191156 / 2011	Marks, et al. (Dow Global Technologies)	A novel cyclic carbonate monomer comprising a reaction product of at least one divinylarene dioxide and carbon dioxide. The poly(hydroxyurethane) compositions made from DivinylbenzeneDicarbonate and polyamines forms a reactive intermediate that can be used for making, for example, a poly(hydroxyurethane) foam product having an approximate volume expansion of 10
56	US 8653174 / 2011	Anderson, et al. (Dow Global Technologies)	Alternative synthesis of NIPU at ambient temperatures from the reaction of polyaldehydes with carbamate functional polymers using an acid catalyst
57	US Application 20140378648 / 2011	Soules, et al. (University of Montpellier, France)	A method for preparing a compound comprising a β -hydroxy urethane unit or a γ -hydroxy-urethane unit, comprising reacting a compound A comprising a cyclocarbonate reactive unit with a compound B comprising an amino reactive unit ($-\text{NH}_2$) in the presence of a catalyst, said method being characterized in that said catalyst comprises an organometallic complex and a cocatalyst selected from the group of Lewis bases, or salts of tetra-alkyl ammonium
58	US 8586653, US 8877837 / 2011	Yu, et al. (BASF)	HNIPU on the base of epoxy resins and cyclic carbonates with unsaturated bonds using mixtures of amino hardeners and catalysts
59	US9079871/ 2011	Mezger, et al. (BASF)	Preparation of tricycle carbonates by reaction of trioxyalkyl amine with (2-oxo-1,3-dioxolan-4-yl)methyl chloroformate in an aqueous/organic two-phase system in the presence of an auxiliary base and of a phase transfer catalyst

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

1	2	3	4
60	US 9150709 / 2011	Klopsch , et al. (BASF)	HNIPU on the base of epoxy resins, cyclic carbonates with an electron-withdrawing organic group and amino hardeners
61	US 9062136 / 2011	Porta Garcia, et al. (BASF)	Homo- and copolymers obtained by homo- or copolymerization of alkylidene-1,3-dioxolan-2-one monomers and to the use thereof as a component in 2K binder compositions by crosslinking with amine hardeners
62	WO 2012171659 / 2011	Bähr, et al. (University of Freiburg, Germany)	Terpene or terpenoid derivatives comprising at least two cyclic carbonate groups and isocyanate-free polyurethanes obtainable from the reaction of monomers with at least two cyclic carbonate groups with amine monomers comprising at least two amino groups.
63	US 9102829 / 2012	Birukov, et al. (Polymate, NTI)	A method of obtaining hybrid polyhydroxyurethane compositions based on unsaturated fatty acid triglycerides and cross-linked at ambient temperatures is disclosed
64	US 9193862 / 2012	Gehring, et al. (BASF)	HNIPU on the base of epoxy resins, amine hardeners (0.3-0.9 eqv.), catalyst and monocyclic carbonate for fiber-reinforced cured compositions
65	US Application 20150024138 / 2013	Figovsky, et al. (Polymate, NTI)	Method for forming a sprayable nonisocyanate foam composition.
66	CA 2876736, 2014	Figovsky, et al. (Polymate, NTI)	Radiation-curable biobased flooring compositions with nonreactive additives (biobased hydroxyurethanes and silane-based hydroxyurethanes)
67	US Application 20150353683, 2014	Birukov, et al. (Polymate, NTI)	A new hybrid epoxy-amine hydroxyurethane network polymers with lengthy epoxy-amine chains and pendulous hydroxyurethane units
68	US Application 20150247004 / 2014	Lombardo et al. (Dow Global Technologies)	A method of forming non-isocyanate based polyurethane includes providing a cyclic carbonate, an amine, and a cooperative catalyst system that has a Lewis acid and a Lewis base
69	WO 015107113 / 2014	Darroman et al. (University of Montpellier, France)	The invention relates to a composition that includes cork or a cork-based material and a binder which includes at least one polyhydroxyurethane prepared using raw materials that are not highly toxic, preferably from biomass

The first patents were obtained in the 1950's (P1-P3).

In the former Soviet Union basic and applied research on the synthesis of CC and NIPU were launched in Institute of Synthetic Rubber (P6-P9). Significant achievements of the researches were development of polymeric acetals by reacting nonisocyanate urethane diols with divinyl ethers (named "Acetur") and creating of NIPU based on elastomeric liquid polydienes.

Mechanical and physical-chemical characteristics of NIPU are inferior to conventional PU, so almost immediately after the first reports of NIPU started developing of hybrid compositions (HNIPU), namely: subsequent cross-linking the resin by reacting with a polyfunctional reactant (P4); combining NIPU with epoxy resins and amine hardeners (P5, P6)

Practical application of HNIPU on the basis of the epoxy-amine compositions and five-membered CC (1,3-dioxolan-2-ones) in coatings, sealants, adhesives, etc. were largely developed by O. Figovsky, V. Mikheev, V. Stroganov et al. in the 1970 – 1990's (P10-P15, P17-P21, P23-P25, P29-P31).

From Table 1, we see a high investment activity of the leading companies in the field of NIPU and HNIPU.

Recently, **BASF** pays serious attention to such areas as synthesis of HNIPU on the base of epoxy-amine compositions and CC with unsaturated bonds (P52, P58) or CC with an electron-withdrawing organic group (P60) or conventional alkylene carbonate (P64). Also were disclosed syntheses of poly-CC:

- on the base of mono-CC contained acid esters and a polyols (P53);
- by reaction of trioxyalkyl amine with (2-oxo-1,3-dioxolan-4-yl)methyl chloroformate in an aqueous/organic two-phase system (P59);
- by homo- or copolymerization of alkylidene-1,3-dioxolan-2-one monomers (P61).

Water-dispersible, cyclocarbonate-functionalized vinyl copolymer binder and an amine curing agent were described in P50.

Dow discloses the following innovations:

- the poly(hydroxyurethane) compositions made from divinylbenzenedicarbonate and polyamines (P55);
- alternative synthesis of NIPU at ambient temperatures from the reaction of polyaldehydes with carbamatefunctional polymers using an acid catalyst (P56);
- forming of non-isocyanate based polyurethane from a cyclic carbonate, and an amine, in the presence of cooperative catalyst system that has a Lewis acid and a Lewis base (P68).

Regarding the alternative synthesis (P56), we need to make a few comments:

- preferably the polyaldehyde is prepared by complex hydroformylating process with hydrogen gas, carbon monoxide, and an olefin-containing starting compound;
- the polycarbamates are acrylic carbamate functional polymers with a molecular weight of ~15,000 in the form of ~70 % solution in n-butyl acetate;
- isocyanates and phosgene are used on the preliminary stages for preparation of the carbamate functional polymers;
- blocking agents (alcohols) are used for regulation of pot life; as a result an additional allocation of water takes place.

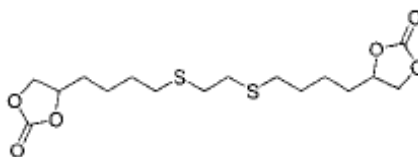
In recent years, companies **Huntsman, PPG, Rhodia, Cognis, Henkel, Bostic** also received patents in the field of NIPU / HNIPU.

Considerable research work carried out in research centers in Europe, Asia and America. Leading research teams operate in France: Ecole Nationale Supérieure de Chimie/ Institut Charles Gerhardt, Montpellier; University of Bordeaux; University of Toulouse; University of Strasbourg; University of Rennes; etc.

In Germany intensive investigations of NIPU are provided in Universities of Freiburg, Aachen, Karlsruhe, etc.

Synthesis of polycarbonate compounds was describe in the work [16]. Poly(allylglycidyl ether) and poly(allylglycidyl ether-co-epichlorohydrin) were prepared by monomer-activated anionic polymerization. Following the same polymerization route, the copolymerization of AGE and epichlorohydrin yields in a living-like manner gradient-type copolymers with controlled molar masses. Chemical modification of the pendant allyl group into cyclic carbonate was then investigated and the corresponding polymers were used as precursors for the isocyanate-free synthesis of polyurethane networks in presence of a diamine.

A new synthesis of 4-[(prop-2-en-1-yloxy)methyl]-1,3-dioxolan-2-one (AGC) was performed by Williamson ether synthesis from 4-(hydroxymethyl)-1,3-dioxolan-2-one [17]. Dicyclocarbonates were synthesized by UV thiol-ene coupling of allyl-cyclocarbonate with a 2,2'-oxydiethanethiol:

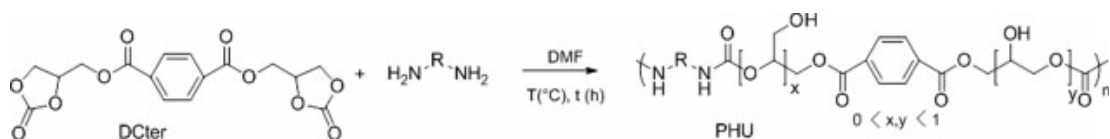


This photochemical thiol–ene reaction was carried out under air, with neither solvent nor photoinitiator. The synthesized dicyclocarbonates were used to synthesize polyhydroxyurethanes without isocyanate by step growth polyaddition with 1,10-diaminodecane.

Research group of the Institute Charles Gerhardt, Montpellier, realized for the first time a complete study of the free radical polymerization (FRP) of (2-oxo-1,3-dioxolan-4-yl) methyl methacrylate or glycerin carbonate methacrylate (GCMA) [18]. This methacrylic cyclic carbonate compound allows the synthesis of polymers bearing cyclic carbonate functional groups which can be used for crosslinking reactions in other to form urethane linkages without the use of harmful isocyanates. Transfer reactions to the cyclic carbonate moiety were identified during the polymerization of GCMA. The calculations of the kinetic constants during the copolymerization of GCMA with MMA show the high reactivity of this monomer.

A vinyl ether bearing a carbonate side group (2-oxo-1,3-dioxolan-4-yl-methyl vinyl ether, GCVE) was synthesized and copolymerized with various commercially available fluoroolefins [chlorotrifluoroethylene (CTFE), hexafluoropropylene (HFP), and perfluoromethyl vinyl ether (PMVE)] by radical copolymerization initiated by tert-butyl peroxy pivalate [19]. Although HFP, PMVE, and vinyl ether do not homopolymerize under radical conditions, they copolymerized easily yielding alternating poly(GCVE-alt-F-alkene) copolymers. These original copolymers may find potential interest as polymer electrolytes in lithium ions batteries.

The article [20] focuses on the synthesis and characterization of polyhydroxyurethanes (PHUs) obtained from the reaction between bis[(2-oxo-1,3-dioxolan-4-yl)methyl]benzene-1,4-dicarboxylate (DCter) and various diamines (aliphatic, cycloaliphatic and oligomeric) or polyamines (diethylenetriamine (DETA) and triethylenetetramine (TETA)):



Two different kinds of PHUs were obtained. On the one hand, the use of diamines led to thermoplastic polymers with a glass transition temperature (T_g) ranging from 4 to 78° C depending on the flexibility of the diamine involved in the reaction. On the other hand, PHUs produced from polyamines TETA and DETA were found to be insoluble and infusible due to the creation of polymeric networks. The DCter–DETA polymer had a higher T_g revealing a probable difference in the reactivity of primary and secondary amine groups.

The article [21] describes the synthesis of new cyclic compounds able to react with amines to get NIPUs. The contribution of the most studied five-membered cyclic carbonate was compared to five-membered cyclic dithiocarbonate analogous and to a six-membered cyclic carbonate. Difunctional reactive species were obtained by a simple substitution reaction or an efficient thiol–ene coupling reaction. The dicyclocarbonates were then used to synthesize NIPUs by step growth polymerization with several diamines. Such materials are interesting candidates for coating applications.

Several papers were devoted to the study of the mechanisms of NIPUs preparation.

Polyhydroxyurethanes (PHUs) produced by the reaction between dicyclocarbonate and diamine groups are often presented as possible candidates to substitute for classical polyurethanes based on isocyanate precursors. In the literature, the synthesis of this class of polymers is often performed according to arbitrary conditions of time and temperature without any scientific justification. As such, the real potential of PHUs is probably not fully known. Numerous contradictions in published results seem to support this hypothesis. Authors of the work [22] propose two methodologies based on dynamic rheometry to

determine optimized conditions for the synthesis of PHUs. The case of a PHU formed by the reaction between 1,10-diaminodecane and a dicyclocarbonate bearing a central aromatic group is described more precisely. The first approach consists of conducting various rheological experiments (kinetics, thermomechanical analyses) *in situ* on the reaction mixture. The second one retains the same technique to qualify the viscoelastic properties of PHUs synthesized according to various conditions. In this latter case, all samples show thermomechanical behaviour of amorphous thermoplastic polymers. But discrepancies are observed with regard to the value of the glass transition temperature and the existence or not of a rubbery zone. Comparison of these data with size exclusion chromatography results shows that these differences are direct consequences of the polymer molecular weight that can be predicted using macromolecular theory. The properties of the PHUs obtained after optimization of the polymerization reaction were compared with literature data in order to complete the evaluation of the efficiency of the rheological methodology.

Investigation of the reactivity of amine groups in the reaction with cyclic carbonate group was described in the work [23]. The capacity of either primary or secondary amines to open five-membered cyclic carbonates was demonstrated. Thus primary amines react at relatively low temperature (around 70 °C), reachable secondary amines are able to react at temperature a few more elevated (around 90 °C) and less accessible secondary amines (in the middle of the chain) can react only at temperature up to 200 °C.

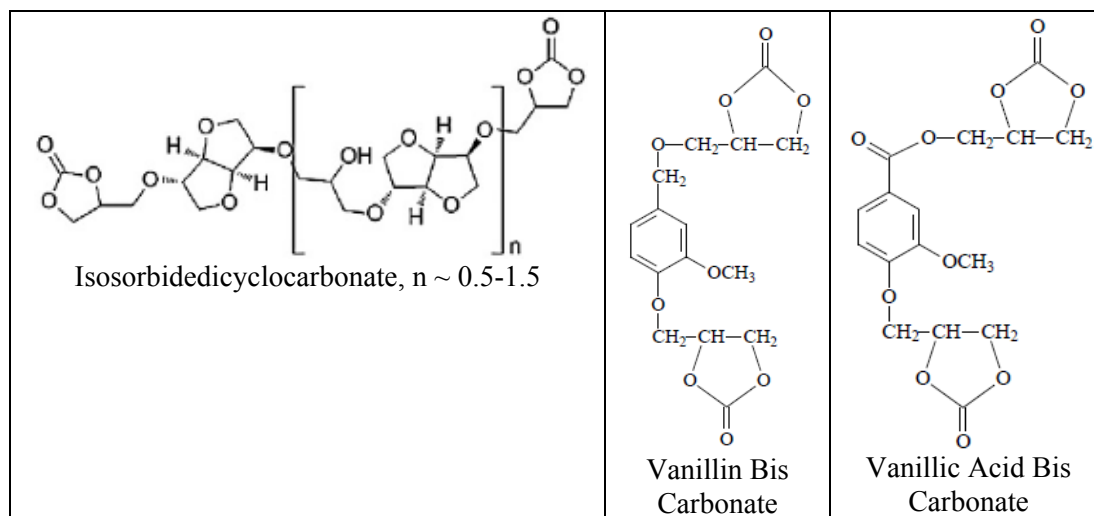
Catalyzed aminolysis of cyclic carbonates was investigated in work [24]. The work demonstrates that in general, organocatalysts display a higher catalytic activity than inorganic Lewis acids. In addition, they generally do not bring color or turbidity to the reaction mixture. This observation is absolutely crucial for future macromolecular applications. Advantageously, this study has been carried out in the absence of solvent which is also relevant for subsequent extension in polycondensation reactions. The screening also reveals that TBD and the cyclohexylphenylthiourea A outperform the other catalysts investigated. This observation confirms precedent from the literature. However, in our conditions, the thiourea A seems more promising as it cleanly catalyzes the aminolysis of carbonates even at very low catalyst loading. In addition, it was proven more efficient when functionalized 5-membered ring or 6-membered ring carbonates were used.

The mechanism of the reaction of cyclic carbonates with amines, providing non-isocyanate urethanes, was studied by means of quantum chemical calculation in terms of DFT by the PBE/TZ2P method using as example the reactions of ethylene carbonate and propylene carbonate with methylamine [25, 26]. Structural investigations have revealed four cyclic isomers with intramolecular hydrogen bond and six open conformers.

The quantum chemical study of the mechanism of catalysis by acetic acid in the addition reaction of amines with cyclocarbonates showed that the reaction can proceed through both the one step and multistep pathways [27]. The experimental study of the kinetics of the model reaction in the presence of acetic acid confirmed a substantial decrease in the activation energy compared to the noncatalytic process and the reaction involving the second amine molecule as the catalyst.

In recent years, the sustainability is becoming increasingly important for the chemical industry; thus, the use of renewable resources has gained interest in polymer applications [28, 29]. Thiol-ene coupling allows to synthesize new biobased reactants with various function and functionality with reaction conditions in agreement with green chemistry principles: it does not use neither solvent nor initiator or need simple purification step, feasible at industrial scale. Building blocks synthesized have various functions and functionality, including these: dicyclocarbonates and polyamines from vegetable oils and from glycerine derivatives. They were used for the synthesis of biobased polyhydroxyurethanes.

In new developments of the Montpellier's research group were preparing and examined NIPU on the base of isosorbide [30] and vanillin derivatives [31]:



(Bis) 6-membered cyclic carbonates were prepared from methyl 10-undecenoate, which is produced from ricinoleic acid, a main constituent of castor oil [32]. Kinetic studies on these new fatty acid-based 6-membered cyclic carbonates revealed that they are much more reactive than their homologs, 5-membered ones (30 times). Poly(hydroxyurethane)s (PHUs) were then synthesized from these bis 6-membered cyclic carbonates at a temperature as low as room temperature and in the solvent or bulk. Unexpectedly, chemical gels were obtained. The latter were the consequence of side reactions of carbonate ring-opening with the hydroxyl groups of the formed poly(hydroxyurethane)s. Quenching with a large excess of hexylamine enabled the breaking-up of the gel with the formation of urea linkages.

Fatty acid-based bis-cyclic 5-membered carbonates containing amide linkages were prepared from methyl 10-undecenoate [33]. The reaction in bulk of these bio-based carbonates with a series of di-amines led to poly(hydroxyurethane amide)s with molar masses up to $31\,000\text{ g mol}^{-1}$. As expected, the so-formed bio-based thermoplastic poly(hydroxyurethane)s exhibit amorphous to semi-crystalline features with respect to the chemical structure of the monomers used.

The structures of epoxidized and cyclocarbonate-containing natural oligomers were studied [34]. It has shown that they are characterized by an extremely broad composition distribution, reflecting almost the entire range of components contained in natural raw materials. Natural oligomers based on plant oils have a very narrow molecular-mass distribution, and in this respect, they are even simpler than their synthetic analogs.

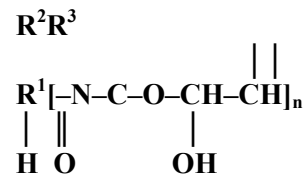
The synthesis of sustainable NIPU with use of Diels-Alder reaction between the furan-bearing hydroxyurethanes and the bismaleimides was described in the works [35-36].

HNIPUs were synthesized from PolyHydroxyUrethane (PHU) prepolymers terminated amine and epoxy multifunctional [37]. These epoxyurethane materials formulated in this study have good thermal properties compared to polyurethane and nonisocyanate polyurethane materials. The main advantage of this technology is the ability to obtain PHU materials with a sequence of soft and hard segments as for classic polyurethanes.

Recent elaborations of Polymate Ltd. /Hybrid Coating Technologies / Nanotech Industries: Hydroxyurethane modifiers (HUM)

All known polymer compositions with hydroxyalkyl urethane monomers require specific chemical reactions (such as transesterification, transamination, or self-crosslinking). These reactions are carried out at elevated temperatures, in the presence of organic solvents, and/or in water-dispersion media, sometimes in the presence of catalysts [5]. The authors recently

proposed a novel concept of generating new multifunctional modifiers. The HUM, which possesses a wide range of hydrogen bonds, is embedded in an epoxy polymer network without a direct chemical interaction. Our patent [T1, 48] discloses a novel “cold” cure epoxy-amine composition modified with a hydroxyalkyl urethane (HUM), which is obtained as a result of a reaction between a primary amine (C1) and a monocyclocarbonate (C2), wherein modifier (C) is represented by the formula:



wherein R^1 is a residue of the primary amine, R^2 and R^3 are the same or different and are selected from the group consisting of H, alkyl, hydroxyalkyl, and n satisfies the following condition: $n \geq 2$. Diluents, pigments, and additives can be used. The new modifier primarily affects a significant acceleration of the curing process as well as an increase in abrasion resistance.

Doping with the HUM imparts to the cured composition superior coating performance characteristics (pot life/drying, strength-stress properties, bonding to a variety of substrates, appearance in a well-balanced state). Since the structure of the polymer network is not broken, other characteristics, such as weathering and chemical resistance, do not worsen. Use of the modifiers in different structures with varying amounts allows obtaining an epoxy-based coating with tunable hydrogen bonds. It has recently been confirmed by the positive effect of H-bonding moieties into epoxy-amine network. In the work [38] was shown, that the incorporation of acetamide into the covalent networks suggest preemptive healing behavior which helps to reduce the internal stresses arising during the curing of the coating. The fully covalent network and the hydrogen bonded network did not show a pronounced difference in strength under dry conditions and maintain extreme good wet adhesion. Also, the introduction of hydrogen bonds on epoxyamine coatings impart a superior relaxation of the mechanical stresses and promotes flow, at temperatures just below T_g , which assists the self-healing of mechanical damage.

A nanostructured hybrid liquid oligomer composition including at least one epoxy-functional component (A), at least one cyclic carbonate component (B), at least one amine-functional component (C), and, optionally, at least one acrylate (methacrylate) functional component (D), wherein at least one epoxy, amine or acrylate (methacrylate) component contains alkoxy silane units was described in patent application [T1, 47]. The composition is highly curable at low temperatures (approximately 10 to 30° C) with forming of nanostructure under the influence of atmospheric moisture and the forming of active, specific hydroxyl groups by reaction of cyclic carbonates with amine functionalities. According to the present invention, the cured composition has excellent strength-stress properties, adhesion to a variety of substrates, appearance, and resistance to weathering, abrasion, and solvents.

Hybrid epoxy-hydroxyurethane compositions cross-linked at ambient temperatures were obtained on the base of renewable raw materials [T1, 63]. In the compositions were used HUMs on the base of carbonated-epoxidized soybean oil and monoamines, without the use of isocyanate intermediates. Compositions can apply to the preparation of curable polymeric foam and other materials (coatings, sealants, adhesives).

A nonisocyanate composite modifier was used in the acrylic radiation-curable composition [T1, 66]. The additive comprises a) a biobased hydroxyurethane additive of formula (1):



are commercially available under the name Green Polyurethane™ as an isocyanate-free and phosgene-free alternative to conventional materials and represent the first successful application of HNIPUs in the industry. As it was stated by Nanotech Industries, HNIPUs offer several advantages with respect to conventional polyurethanes. They are solvent-free, more resistant to chemical degradation, 20 % more wear resistant, can be applied on wet substrates, and cured under cold conditions. They exhibit up to 30 % higher adhesion than that of conventional polyurethane.

References

1. Thomson T. Polyurethanes as specialty chemicals: principles and applications. CRC Press, 2005. 190 p.
2. Meier-Westhues U. Polyurethanes: coatings, adhesives and sealants. Vincentz Network GmbH & Co KG, Hannover, 2007. 344 p.
3. Merenyi S. REACH: regulation (EC) No 1907/2006: consolidated version (June 2012) with an introduction and future prospects regarding the area of Chemicals legislation. GRIN Verlag; 2012.
4. Deepa P., Jayakannan M. Solvent-Free and Nonisocyanate Melt Transurethane Reaction for Aliphatic Polyurethanes and Mechanistic Aspects. *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.*, 2008, 46, 7, 2445–2458.
5. Pan W.C., Lin C.H., Dai S.A. High-Performance Segmented Polyurea by Transesterification of Diphenyl Carbonates with Aliphatic Diamines. *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.*, 2014, 52, 19, 2781–2790.
6. Pan D.D., Tian, H. S. Polycarbonate Polyurethane Elastomers Synthesized via a Solvent-Free and Nonisocyanate Melt Transesterification Process. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2015, 132, 7, 41377.
7. Li S.Q., Zhao J.B., Zhang Z.Y., Zhang J.Y., Yang W.T. Synthesis and characterization of aliphatic thermoplastic poly(ether urethane) elastomers through a non-isocyanate route. *Polymer*, 2015, 57, 164-172.
8. Figovsky O., Shapovalov L., Leykin A., Birukova O., Potashnikova R. Recent advances in the development of non-isocyanate polyurethanes based on cyclic carbonates. *PU MAGAZINE*, 2013, 10, 4, 256-263.
9. DelebecqE., Pascault J-P., Boutevin B., Ganachaud F. On the Versatility of Urethane/Urea Bonds: Reversibility, Blocked Isocyanate, and Non-isocyanate Polyurethane. *Chem. Rev.* 2013, 113, 1, 80-118(Part 5).
10. Kathalewar M.S., Joshi P.B., Sabnis A.S., Malshe V.C. Non-isocyanate polyurethanes: from chemistry to applications. *RSC Adv.*, 2013, 3, 13, 4110-4129.
11. Blattmann H., Fleischer M., Bähr M., Mülhaupt R. Isocyanate- and Phosgene-Free Routes to Polyfunctional Cyclic Carbonates and Green Polyurethanes by Fixation of Carbon Dioxide. *Macromol. Rapid Commun.* 2014, 35, 14, 1238–1254.
12. Besse V., Camara F., Voirin C., Auvergne R., Caillol S., Boutevin B. Synthesis and applications of unsaturated cyclocarbonates. *Polym. Chem.*, 2013, 4, 17, 4545-4561.
13. Rokicki G., Parzuchowski P.G., Mazurek M. Non-isocyanate polyurethanes: synthesis, properties, and applications. *Polym. Adv. Technol.*, 2015, 26, 7, 707-761.
14. Maisonneuve L., Lamarzelle O., Rix E., Grau E., Cramail H. Isocyanate-Free Routes to Polyurethanes and Poly(hydroxyl Urethane)s. *Chem. Rev.*, 2015, 115, 22, 12407-12439.
15. Janusz Datta, Marcin Włoch. Progress in non-isocyanate polyurethanes synthesized from cyclic carbonate intermediates and di- or polyamines in the context of structure-properties relationship and from an environmental point of view. *Polym. Bull.*, 2016, 73, Online First, 1-38.
16. A.-L. Brocas, G. Cendejas, S. Caillol, A. Deffieux, S. Carlotti. Controlled synthesis of polyepichlorohydrin with pendant cyclic carbonate functions for isocyanate-free polyurethane networks. *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.*, 2011, 49, 12, 2677-84.

17. S. Benyahya, M. Desroches, R. Auvergne, S. Carlotti, Sylvain Caillol and Bernard Boutevin. Synthesis of glycerin carbonate-based intermediates using thiol-ene chemistry and isocyanate free polyhydroxyurethanes therefrom. *Polym. Chem.*, 2011, 2, 11, 2661-2667.
18. F. Camara, S. Caillol, B. Boutevin. Free radical polymerization study of glycerin carbonate methacrylate for the synthesis of cyclic carbonate functionalized polymers. *European Polymer J.*, 2014, V. 61, P. 133-144.
19. A. Alaaeddine, F. Boschet, B. Ameduri, B. Boutevin. Synthesis and Characterization of Original Alternated Fluorinated Copolymers Bearing Glycidyl Carbonate Side Groups. *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.*, 2012, 50, 16, 3303-3312.
20. S. Benyahya, J.-P. Habas, R. Auvergne, V. Lapinte and S. Caillol. Structure-property relationships in polyhydroxyurethanes produced from terephthaloyldicyclo carbonate with various polyamines. *Polym. Int.*, 2012, 61, 11, 1666-1674.
21. V. Besse, G. Foyer, R. Auvergne, S. Caillol, B. Boutevin. Access to Nonisocyanate Poly(thio)urethanes: A Comparative Study. *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.*, 2013, 51, 15, 3284-3296.
22. S. Benyahya, B. Boutevin, S. Caillol, V. Lapinte and J.-P. Habas. Optimization of the synthesis of polyhydroxyurethanes using dynamic rheometry. *Polym. Int.*, 2012, 61, 6, 918-925.
23. F. Camara, S. Benyahya, V. Besse, G. Boutevin, R. Auvergne, B. Boutevin, S. Caillol. Reactivity of secondary amines for the synthesis of non-isocyanate polyurethanes. *European Polym. J.*, 2014, 55, 17-26.
24. M. Blain, L. Jean-Gérard, R. Auvergne, D. Benazet, S. Caillol, B. Andrioletti. Rational investigations in the ring opening of cyclic carbonates by amines. *Green Chem.*, 2014, 16, 9, 4286-4291.
25. M.V. Zabalov, R.P. Tiger, A.A. Berlin. Reaction of cyclocarbonates with amines as an alternative route to polyurethanes: A quantum-chemical study of reaction mechanism. *Doklady Chemistry*, 2011, 441, 2, 355-360.
26. M.V. Zabalov, R.P. Tiger, A.A. Berlin. Mechanism of urethane formation from cyclocarbonates and amines: a quantum chemical study. *Russian Chem. Bull.*, 2012, 61, 3, 518-527.
27. M.V. Zabalov, M.A. Levina, V.G. Krasheninnikov, R.P. Tiger. Bifunctional catalysis by acetic acid in the urethane formation from cyclocarbonates and amines: quantum chemical and kinetic study. *Russian Chem. Bull.*, 2014, 63, 8, 1740-1752.
28. M. Desroches, R. Auvergne, B. Boutevin, S. Caillol. Synthesis of bio-based building blocks from vegetable oils: a platform chemicals approach. *OCL*, 2013, 20, 1, 16-22.
29. M. Desroches, S. Benyahya, V. Besse, R. Auvergne, B. Boutevin, S. Caillol. Synthesis of bio-based building blocks from vegetable oils: A platform chemicals approach. *Lipid Technology*, 2014, 26, 2, 35-38.
30. V. Besse, R. Auvergne, S. Carlotti, G. Boutevin, B. Otazaghine, S. Caillol, J.-P. Pascault, B. Boutevin. Synthesis of isosorbide based polyurethanes: An isocyanate free method. *Reactive & Functional Polymers*, 2013, 73, 3, 588-594.
31. M. Fache, E. Darroman, V. Besse, R. Auvergne, S. Caillol, B. Boutevin. Vanillin, a promising biobased building-block for monomer synthesis. *Green Chem.*, 2014, 16, 4, 1987-1998.
32. L. Maisonneuve, A.-L. Wirocius, C. Alfos, E. Grau and H. Cramail. Fatty acid-based (bis) 6-membered cyclic carbonates as efficient isocyanate free poly(hydroxyurethane) precursors. *Polym. Chem.*, 2014, 5, 21, 6142-6147.
33. L. Maisonneuve, A.S. More, S. Foltran, C. Alfos, F. Robert, Y. Landais, T. Tassaing, E. Grau and H. Cramail. Novel green fatty acid-based bis-cyclic carbonates for the synthesis of isocyanate-free poly(hydroxyurethane amide)s. *RSC Adv.*, 2014, 4, 49, 25795-25803.
34. M.A. Levina, D.G. Miloslavskii, M.L. Pridatchenko, A.V. Gorshkov, V.T. Shashkova, E.M. Gotlib, R.P. Tiger. Green Chemistry of Polyurethanes: Synthesis, Structure, and Functionality of Triglycerides of Soybean Oil with Epoxy and Cyclocarbonate Groups □ Renewable Raw Materials for New Urethanes. *Polym. Sci., Ser. B*, 2015, 57, 6, 584-592.

35. A. Karateev, D. Litvinov, O.Kalkamanova. "Nonisocyanate" Polyhydroxy Urethanes Based on the Raw Material of a Plant Origin. *Chemistry Chem. Tech.*, 2014, 8, 3, 329-338.
36. E. Dolci, G. Michaud, F. Simon, Bernard Boutevin, S.Fouquay, S.Caillol. Remendable thermosetting polymers for isocyanate-free adhesives: a preliminary study. *Polym. Chem.*, 2015, 6, 45, 7851-7861.
37. A. Cornille, J. Serres, G. Michaud, F. Simon, S. Fouquay, B. Boutevin, S. Caillol. Syntheses of epoxyurethane polymers from isocyanate free oligo-polyhydroxyurethane. *European Polym. J.*, 2016, 75, 175-189.
38. M.Villani, Y.S. Deshmukh, C.Camlibel, A.C.C. Esteves, G. de With. Superior relaxation of stresses and self-healing behavior of epoxy-amine coatings. *RSC Adv.*, 2016, 6, 1, 245-259.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Данилов Александр Максимович,
доктор технических наук, профессор,
советник РААСН, зав. кафедрой
«Математика и математическое
моделирование»
E-mail: fmatem@pguas.ru

Гарькина Ирина Александровна,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Математика и математическое
моделирование»
E-mail: fmatem@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Danilov Alexander Maksimovich,
Doctor of Sciences, Professor, Adviser of the
Russian Academy of Architectural and
Construction Sciences, Head of the department
«Mathematics and Mathematical Modeling»
E-mail: fmatem@pguas.ru

Garkina Irina Aleksandrovna,
Doctor of Sciences, Professor
of the department «Mathematics
and Mathematical Modeling»
E-mail: fmatem@pguas.ru

ЦЕЛЬ СИСТЕМЫ: АБСТРАКТНАЯ МОДЕЛЬ И ЕЕ ФОРМАЛИЗАЦИЯ

А.М. Данилов, И.А. Гарькина

С системных позиций определяется подход к описанию цели, построению ее абстрактной модели, формализации целей многокритериальных систем. Он позволяет осуществлять оптимизацию выбранных свойств на основе установления соответствия между факторным и критериальным пространствами. Показывается многозначность моделей сложных систем при различных точностях моделирования. Указываются реализованные примеры уменьшения размерности критериального пространства для систем различной природы.

Ключевые слова: системный объект, цель системы, абстрактная модель, формализация, примеры

SYSTEM GOAL: ABSTRACT MODEL AND ITS FORMALIZATION

A.M. Danilov, I.A. Garkina

On the basis of a systematic approach description of the goal, the construction of its abstract model, as well as the formalization of the purposes of multi-criteria systems is considered. It allows to optimize the selected properties by establishing correspondence between the factor and criterion space. Ambiguity models of complex systems at different modeling accuracy are shown. Implemented examples to reduce the dimension of the space criterion for systems of different nature are given.

Keywords: system object, system goal, abstract model, formalization, examples

Обычно *цель* определяется как один из элементов поведения и сознательной деятельности человека, который характеризует мысленный результат деятельности и пути его реализации с использованием различных средств (способ интеграции действий человека). *Осуществление цели* есть процесс преодоления несоответствия между конкретной жизненной ситуацией и целью. Цели *редко достижимы только на основе собственных возможностей человека или внешних средств*, имеющихся у него в данный момент. *Достижение поставленной цели* может рассматриваться как работа по созданию некоторой системы для достижения. Так что *цель* (то, к чему стремятся, что надо осуществить) *можно рассматривать как абстрактную модель желаемого состояния* внешних средств (среды), системы, собственных возможностей человека в данный момент времени для устранения проблемной ситуации в процессе его деятельности. *Формулировка цели* — один из важнейших этапов создания систем; в

начале цели определяются описательно, в дальнейшем итеративно уточняются. *Глобальные цели* можно рассматривать как совокупность более мелких (конкретных!) целей. Цели должны быть измеримыми (по описанию цели можно определить, насколько достижение цели улучшит текущее состояние). *Нельзя путать цель («Что достигается?») с задачей («Как достигается?»)*: повышение благосостояния отдельной категории граждан – цель; строительство многоэтажного жилого дома – задача.

Обычно система является многоцелевой; приоритетность целей, как правило, определяется в результате экспертных оценок. Наивысшим приоритетом обладают *стратегические* цели (например, при проектировании радиационно-защитных композитов – ослабление ионизирующего излучения). *Траекторные* цели определяют общее направление развития (отражаются общие системные вопросы); *точные* цели устанавливаются, исходя из достижения конкретного конечного результата. В экономике траекторные цели долгосрочные, а точные – краткосрочные (чем масштабнее поставленная цель, тем за большее время она может быть достигнута). На каждом из интервалов времени дискретизации заданного периода времени определяется своя цель; последовательное достижение *промежуточных целей* обеспечивает достижение *конечной цели*. Понятия конечной и промежуточной целей являются относительными: зависят от того, о каком периоде идет речь (промежуточная цель для своего периода может рассматриваться как конечная).

Совокупность целей должна обладать условиям конкретности, измеримости, определенности во времени, достижимости, гибкости, сопоставимости, непротиворечивости. Процесс определения целей осуществляется сверху вниз. Цели конкретизируются по мере перемещения вниз по уровням иерархии. На различных уровнях иерархии цели могут отличаться. Отметим, *достижение цели* может производиться на *альтернативной основе* и не всегда однозначно (повысить прочность материала возможно изменением марки цемента, дисперсности наполнителей и т.д.).

Система рассматривается как совокупность взаимосвязанных элементов, обособленная от среды и взаимодействующая с ней как целое. Она может быть разбита на составные части: элементы – неделимые части; подсистемы – части системы, состоящие более чем из одного элемента. *Совокупность отношений между элементами, необходимых и достаточных для достижения цели, определяет структуру системы.*

Нередко элементы иерархической структуры цели (критериев качества) путают с элементами иерархической структуры системы: элементы системы не могут выступать в качестве элементов иерархической структуры критериев качества. Верно и обратное. Первичной является иерархическая структура критериев качества, на основе которой определяется иерархическая структура собственно системы. *Структурная схема (линейная, древовидная (иерархическая), матричная, сетевая)* является наиболее полной моделью любой системы. В ней указываются все элементы системы, связи между элементами внутри системы, а также связи элементов с окружающей средой (входы и выходы системы). Возможно представление системы в виде графа (ориентированный – при указании направлений связей, в противном случае – неориентированный; граф будет взвешенным, если ребрам приписываются различные веса). Как процесс функционирования системы определяется фиксированной целью. При изменении целей изменяются как состав, так и структура системы (для обеспечения новой функции). В частности, композиционные материалы могут рассматриваться как системы. Здесь налицо характерные признаки системы и главные признаки-атрибуты:

- целостность;
- интегративность;
- целостное свойство больше суммы свойств составных элементов;
- наличие *двух и более совокупностей* составных элементов, их взаимосвязей и отношений;
- наличие обмена информацией, энергией или веществом с другими системами или окружающей средой.

В основе разработки системы лежит техническое задание, нередко лишь с вербальным описанием целей. Цели более предметно формулируются на основе когнитивного моделирования с представлением структурной схемы в виде взвешенного ориентированного графа. Исходя из орграфа, в дальнейшем могут определяться количественные показатели для каждого из выделенных критериев качества, естественно, с указанием методов измерения показателей. Формализация критериев в большинстве случаев является альтернативной (например, характеристики сухих смесей определяются смачиваемостью: может достигаться варьированием рецептурно-технологических параметров).

Как правило, критерии качества являются противоречивыми, что вызывает определенные трудности оптимизации управляемых факторов системы: оптимальные свойства (критерии качества) достигаются при различных значениях факторов: редко удается свести многокритериальную (векторную оптимизацию) к более простой – однокритериальной.

Оптимизация системы невозможна без установления соответствия между точками факторного и критериального пространств (каждой точке факторного пространства ставится в соответствие совокупность измеренных значений частных критериев, которыми определяется точка критериального пространства). Такое сопоставление никогда не будет абсолютно точным: зависимости частных критериев от точки факторного пространства являются приближенными и получаются по приближенно измеренным значениям. Установление адекватности аналитических зависимостей непосредственно зависит от заданной точности измерений. Так что *практически никогда нельзя гарантировать получение единственной модели системы*. Непосредственно с этим связан вопрос о размерности критериального пространства (определяется значимостью и незначимостью выбранных частных критериев). Заметим, что абсолютная достоверность, как правило, и не требуется (навыки управления пространственным объектом предварительно можно привить на весьма грубых моделях, имитирующих лишь воздействия на органы управления (ручки, рычаги, штурвалы и т.д.); в дальнейшем моделируются непосредственно процессы управления).

Указанный подход к описанию целей систем и получению их абстрактной модели нами использовался в [1...5]. Формализация абстрактных моделей систем на основе когнитивного моделирования и построения взвешенного орграфа приводится в [6, 7]. Минимизация размерности критериального пространства осуществляется, в частности, в [8]. Личный опыт и данные литературных источников позволяют констатировать эффективность указанного подхода к получению абстрактной модели и формализации целей многокритериальных систем.

Список литературы

1. Budylna, E.A. Approximation of aerodynamic coefficients in the flight dynamics simulator / E.A. Budylna, A.M. Danilov // Contemporary Engineering Sciences. – Vol. 8. – 2015. – № 10. – P. 415–420. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5256>.
2. Danilov, A.M. Systems approach to the modeling and synthesis of building materials / A.M. Danilov, I.A. Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – Vol. 8. – 2015. – № 5 – P. 219–225. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.517>.
3. Information models for designing conceptual broad-profile flight simulators / A.N. Andreev [etc.] // Measurement Techniques. – August 2000. – Vol.43. Issue 8. – P.667–672.
4. Данилов, А.М. Обобщенная математическая модель управления безопасностью арсеналов и баз хранения боеприпасов / А.М. Данилов, О.А. Голованов, И.А. Гарькина, А.А. Плющ // Вестник Хмельницкого национального университета. – 2007. – №1. – С.241–246.
5. Данилов, А.М. Системный анализ, теории идентификации и управления в задачах синтеза композиционных материалов специального назначения / А.М. Данилов, И.А. Гарькина // Вестник Хмельницкого национального университета. – 2007. – №3. – С.196–201.

6. Гарькина, И.А. Управление качеством материалов со специальными свойствами / И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Проблемы управления. – 2008. – № 6. – С. 67–74.
7. Гарькина, И.А. Когнитивное моделирование при синтезе композиционных материалов как сложных систем / И.А. Гарькина, А.М. Данилов, Е.В. Королев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 3-4. – С. 30–37.
8. Данилов, А.М. Метод главных компонент: оценка качества покрытий / А.М. Данилов, В.И. Логанина, В.А. Смирнов // Региональная архитектура и строительство. – 2009. – № 1. – С. 31–32.

References

1. Budylna, E.A. Approximation of aerodynamic coefficients in the flight dynamics simulator / E.A. Budylna, A.M. Danilov // Contemporary Engineering Sciences. – Vol. 8. – 2015. – № 10. – P. 415–420. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5256>.
2. Danilov, A.M. Systems approach to the modeling and synthesis of building materials / A.M. Danilov, I.A. Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – Vol. 8. – 2015. – № 5 – P. 219–225. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.517>.
3. Information models for designing conceptual broad-profile flight simulators / A.N. Andreev [etc.] // Measurement Techniques. – August 2000. – Vol.43. Issue 8. – P.667–672.
4. Danilov, A.M. Generalized mathematical model of security management and stockpiles of ammunition depots / A.M. Danilov, O.A. Golovanov, I.A. Garkina, A.A. Plusch // Bulletin Khmelnytsky National University. – 2007. – №1. – P. 241–246.
5. Danilov, A.M. System analysis, identification and control theory in problems of the synthesis of composite materials for special purposes / A.M. Danilov, I.A. Garkina // Bulletin of Khmelnytsky National University. – 2007. – №3. – P. 196–201.
6. Garkina, I.A. Quality management of the materials of special properties / I.A. Garkina, A.M. Danilov // Control Sciences. – 2008. – №6. – P. 67–74.
7. Garkina, I.A. Cognitive modeling of composite materials in the synthesis of complex systems / I.A. Garkina, A.M. Danilov, E.V. Korolev // Proceedings of the higher educational institutions. Building. – 2009. – № 3-4. – P. 30–37.
8. Danilov, A.M. Method of principal component: assessment of quality of coatings / A.M. Danilov, V.I. Loganina, V.A. Smirnov // Regional architecture and engineering. – 2009. – № 1. – P. 31–32.

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

Россия, 410054, г. Саратов,
ул. Политехническая, д. 77
тел.: 99-88-94

Шошин Евгений Александрович,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Строительные материалы
и технологии»
E-mail: shoshin234@mail.ru

Ивашенко Юрий Григорьевич,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Строительные
материалы и технологии»
E-mail: smt@sstu.ru

Yuri Gagarin State technical university of
Saratov

Russian, 410054, Saratov,
77, Polytechnic St.
tel.: 99-88-94

Shoshin Evgeny Alexandrovich,
Candidate of Sciences, Associate Professor of
the department «Building materials and
technologies»
E-mail: shoshin234@mail.ru

Ivashchenko Yury Grigorievich,
Doctor of Sciences, Professor, Head of the
department «Building materials and
technologies»
E-mail: smt@sstu.ru

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОФАЗЫ В СМЕСИ ОПОКА – ИЗВЕСТЬ В ПРИСУТСТВИИ САХАРОЗЫ

Е.А. Шошин, Ю.Г. Ивашенко

Измельчение смеси опоки и извести в водных растворах сахарозы приводит к образованию в дисперсной системе наноструктур, характер которых определяется содержанием сахарозы. Образующиеся наноструктуры дегидратируются при нагревании с образованием наночастиц различного характера. Исследование методом просвечивающей электронной микроскопии показало, что характер образующихся при термоллизе наночастиц зависит от исходного содержания сахарозы.

Ключевые слова: опока, кальция гидроксид, сахароза, измельчение, термическая дегидратация, просвечивающий электронный микроскоп, наночастицы

FORMATION OF NANO-PHASE IN FLASK – LIME MIXTURE IN PRESENCE OF SUCROSE

E.A. Shoshin, Y.G. Ivashchenko

Grinding a mixture of flask and lime in aqueous solutions of sucrose leads to the formation of nanostructures in a dispersed system, the nature of which is determined by the sucrose content. The resulting nanostructures become dehydrated when heated with the formation of nanoparticles of different nature. The study by transmission electron microscopy showed that the character formed during the dehydration of nanoparticles depends on the initial concentrations of sucrose.

Keywords: flask, calcium oxide, sucrose, grinding, thermal dehydration, transmission electron microscope, nanoparticles

Нанокремнезем хорошо зарекомендовал себя как эффективная модифицирующая добавка в цементные системы [1-4]. В качестве наномодификаторов могут применяться наночастицы оксидов железа, алюминия, меди и проч. [5, 6]. Большое количество исследовательских работ посвящено применению кремнийсодержащих наночастиц, под которыми обычно подразумевают нанокремнезем или nanoSiO_2 [1, 2]. Причин для этого несколько: во-первых, нанокремнезем, обладая высокой пуццолановой активностью, эффективно связывает гидроксид кальция, повышая и плотность цементного камня, и коррозионную устойчивость цементного камня, на его прочность [7, 8]. В то же время близкое к микрокремнезему действие оказывают добавки наносиликатов кальция, способные влиять на химический состав силикатов цементного камня, на степень полимеризации частиц C-S-H-фазы и, как следствие, на прочностные характеристики модифицированного камня [9, 10]. Однако низкая производительность существующих методов

синтеза наночастиц (в том числе и нанокремнезема) существенно ограничивает возможности массового применения наночастиц в строительной практике [2].

Таким образом, поиск эффективных методов синтеза кремнийсодержащих наночастиц на фоне все возрастающего интереса к наномодификации – весьма актуальная задача. Исследования были направлены на поиск возможных методов синтеза силикатных наночастиц строительного назначения.

Известно [11], что одним из результатов измельчения является увеличение удельной реакционной способности измельченного силиката, выражающейся, в частности, в росте его водорастворимости и пуццолановой активности – эффект, хорошо изученный и положенный в основу различных технологий изготовления строительных материалов [12, 13]. Таким образом, помол силикатов в водных растворах $\text{Ca}(\text{OH})_2$ может привести к реакции растворимого кремнезема и гидроокиси кальция в растворе с образованием наночастиц силикатов.

В качестве силиката была выбрана опока карьера села Поливановка, Саратовской области, характеризующаяся высоким содержанием SiO_2 (см. таблицу); в качестве источника $\text{Ca}(\text{OH})_2$ использовалась известь кальциевая строительная (ГОСТ 9179–77).

Химический состав опоки

Химический состав, мас. %					
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	п.п.п.
81,6	6,2	не более 1,5	1,4	1,15	8,15

Измельчение проводилось в течение 2 часов в планетарной мельнице МП/0,5×4 при частоте вращения стакана 250-300 об/мин. Измельчение осуществлялось в присутствии сахарозы (2-10 % от массы силиката); контрольный образец измельчался без сахарозы. Образцы продуктов совместного измельчения исследовались с помощью просвечивающего электронного микроскопа (ПЭМ) Libra 120, Carl Zeiss (Германия). Электронно-микроскопическое исследование проводилось в центре коллективного пользования научным оборудованием в области физико-химической биологии и нанобиотехнологии «Симбиоз» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института биохимии и физиологии растений и микроорганизмов РАН.

Мокрый помол минеральной смеси известь – опока к массовому образованию изолированных наночастиц не приводит [14] – наночастицы коалесцируют с образованием конгломератов микронного размера (рис. 1). Как показали дальнейшие исследования, образующиеся структуры неустойчивы и при термической обработке до 200 °С разрушаются с образованием значительного количества изолированных наночастиц (рис. 4-5). Следует отметить, что в своем отношении к термообработке исследованные системы аналогичны цементным системам, модифицированным различными дисахаридами [15].

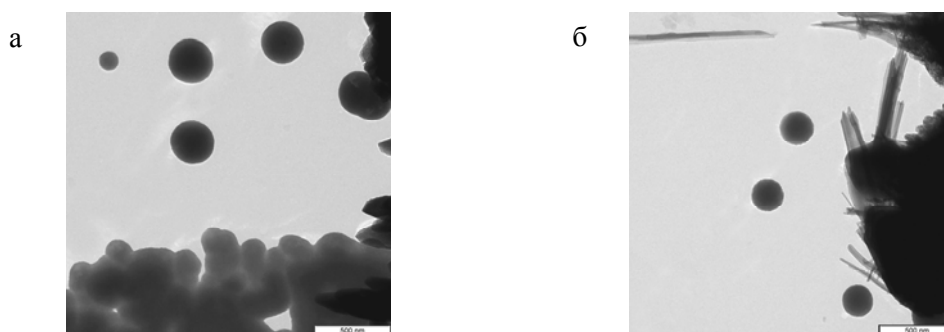


Рис. 1. Характерные элементы наноструктуры образца минеральной смеси, молотой в воде (контрольный образец)

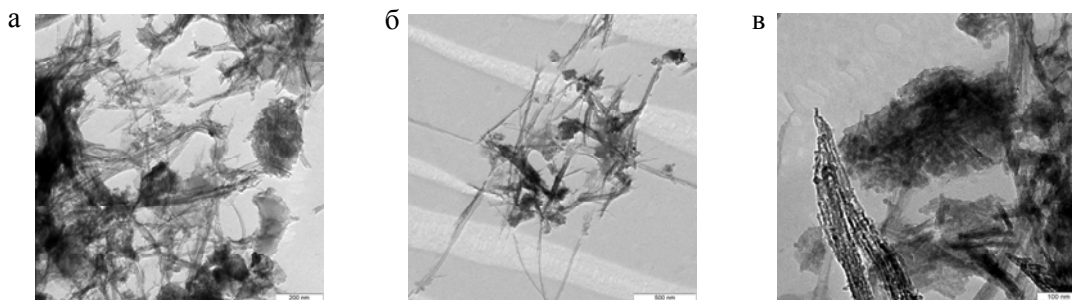


Рис. 2. Характерные элементы наноструктуры образца минеральной смеси, молотой в растворе сахарозы (2 % от массы твердой фазы)

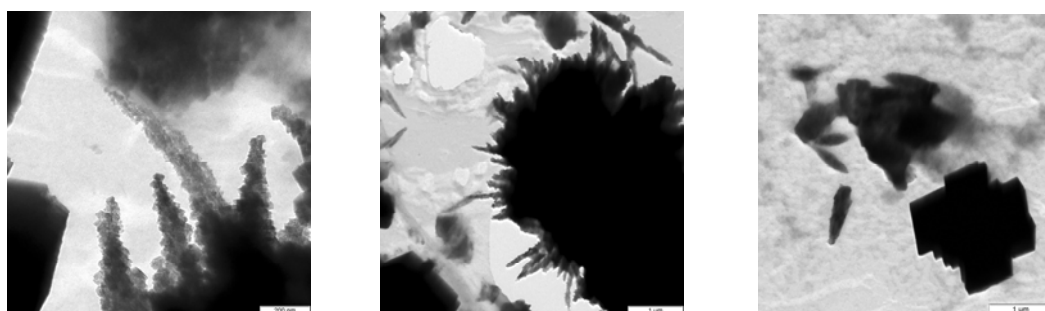


Рис. 3. Характерные элементы наноструктуры образца минеральной смеси, молотой в растворе сахарозы (10 % от массы твердой фазы)

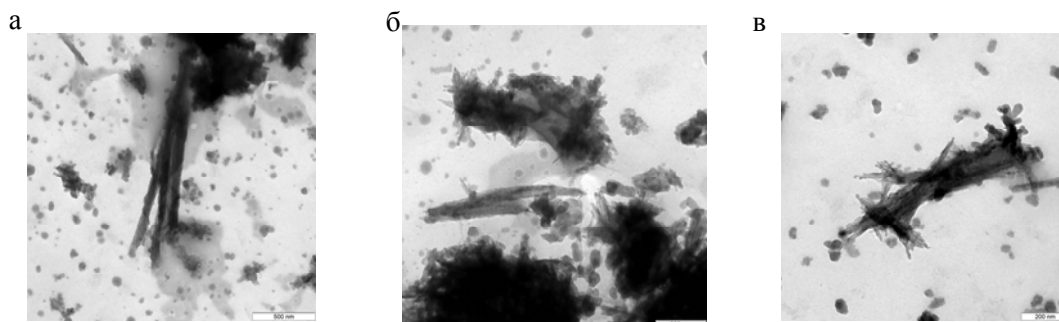


Рис. 4. Продукты термоллиза минеральной смеси, молотой в растворе сахарозы (2 % от массы твердой фазы)

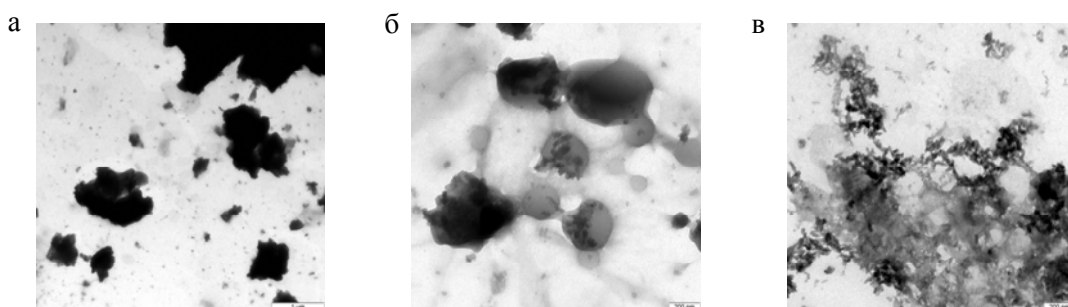


Рис. 5. Продукты термоллиза образца минеральной смеси, молотой в растворе сахарозы (10 % от массы твердой фазы)

Характерно, что в зависимости от содержания углевода меняется как характер наночастиц, так и их размерные характеристики. Например, при термообработке образца смеси опока/известь (2/3 масс. ч.), молотой в растворе сахарозы (2 % от массы твердой фазы) (см. рис. 4), основная доля наночастиц представляет собой сферические образования диаметром от 20 до 60 нм, среди которых частицы диаметром 30-50 нм

составляют примерно 70 %. Среди продуктов термолиза присутствуют фрагменты волокнистой структуры исходной системы.

Термообработка образца смеси опока/известь (2/3 масс. ч.), молотой в растворе сахарозы (10 % от массы твердой фазы) (система 2), приводит к образованию в основном крупных (более 200 нм) частиц (рис. 5, б), но в то же время образуется, хотя и в незначительном количестве, нанофаза с довольно узким коридором диаметров частиц – 15-30 нм (рис. 5,а,в). Следует отметить, что среди частиц микронного размера встречаются как остатки исходной системы (частицы неправильной формы с неровными краями) (см. рис. 5,а), так и сферические образования – продукты компактизации более мелких наночастиц (рис. 5,б,в).

Таким образом, в процессе помола минеральных смесей опоки и гидроксида кальция в присутствии водных растворов сахарозы образуются наноструктуры, характер которых определяется содержанием сахарозы.

Образующие наноструктуры продукты измельчения являются высокогидратированными системами и в условиях термообработки на воздухе распадаются с образованием наночастиц. Характер образующихся наночастиц силикатов определяется исходной структурой продуктов совместного измельчения модифицированной смеси опока/известь.

Список литературы

1. Sanchez, F. Nanotechnology in concrete – A review / F. Sanchez, K. Sobolev // *Construction and Building Materials*. – 2010. – Vol. 24. – P. 2060–2071.
2. Лотов, В.А. Нанодисперсные системы в технологии строительных материалов и изделий / В.А. Лотов // *Известия томского политехнического университета*. – 2007. – Т. 311, №3. – С.84–88.
3. Sobolev, K. How nanotechnology can change the concrete world: Part 1 / K. Sobolev, M. Ferrada-Gutierrez // *American Ceramic Society Bulletin*. – 2005. – V.84, №10. – P. 14–18.
4. Sobolev, K. How nanotechnology can change the concrete world: Part 2 / K. Sobolev, M. Ferrada-Gutierrez // *American Ceramic Society Bulletin*. – 2005. – V.84, №11. – P. 16–20.
5. Xiaoyan, L. Effect of nano-CaCO₃ on properties of cement / Liu Xiaoyan, Chen Lei, Liu Aihua, Wang Xinrui // *Energy Procedia*. – 2012. – № 16. – P. 991–996.
6. Senff, L. Effect of nano-SiO₂ and nano-TiO₂ addition on the rheological behavior and the hardened properties of cement mortars / L. Senff, D. Hotza, S. Lucas, V.M. Ferreira, J.A. Labrincha // *Materials Science and Engineering*. – 2012. – A. 532. – P. 354–361.
7. Pengkun, H. Effects of the pozzolanic reactivity of nanoSiO₂ on cement-based materials / Pengkun Hou, Jueshi Qian, Xin Cheng, Surendra P. Shah // *Cement & Concrete Composites*. – 2015. – V.55. – P. 250–258.
8. Rong, Z. Effects of nanoSiO₂-particles on the mechanical and microstructural properties of ultra-high performance cementitious composites / Z. Rong, W. Sun, H. Xiao, G. Jiang // *Cement & Concrete Composites*. – 2015. – V. 56. – P. 25–31.
9. Alizadeh, R. Hydration of tricalcium silicate in the presence of synthetic calcium-silicate-hydrate / R. Alizadeh, L. Raki, J. M. Makar, J. J. Beaudoin, I. Moudrakovski // *J. Mater. Chem.* – 2009. – № 19. – P.7937–7946.
10. Holger, L. Microstructure engineering of Portland cement pastes and mortars through addition of ultrafine layer silicates / H. Lindgreen, M. Geiker, H. Krøyer, N. Springer, J. Skibsted // *Cement & Concrete Composites*. – 2008. – V.30. – P. 686–699.
11. Ходаков, Г.С. Физика измельчения / Г.С. Ходаков. – М.: Наука, 1972. – 307 с.
12. Траутвайн, А.И. Повышение реакционной способности наполнителей в результате помола / А.И. Траутвайн, В.В. Ядыкина, А.М. Гридчин // *Строительные материалы*. – 2010. – № 12. – С.82–85.
13. Страхов, А.В. Развитие технологий производства теплоизоляционных материалов на основе жидкого стекла / А.В. Страхов, О.А. Кончакова // *Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона*. – 2012. – № 2. – С. 271–275.

14. Шошин, Е.А. Соотношение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – сахараза как фактор влияния на морфологию аморфных гидросиликатов кальция / Е.А. Шошин [и др.] // Научное обозрение. – 2015. – №16. – С.168–179.
15. Шошин, Е.А. Формирование нанофазы портландцемента на ранних сроках твердения в присутствии дисахаридов / Е.А. Шошин, Д.К. Тимохин, Д.О. Обычев // Научное обозрение. – 2015. – №4. – С.159-168.

References

1. Sanchez, F. Nanotechnology in concrete – A review / F. Sanchez, K. Sobolev // Construction and Building Materials. – 2010. – Vol. 24. – P. 2060–2071.
2. Lotov, V.A. Nanodispersed systems in technology of building materials and products / V.A. Lotov // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. – 2007. – Т. 311. – №3. – P.84-88.
3. Sobolev, K. How nanotechnology can change the concrete world: Part 1 / K. Sobolev, M. Ferrada-Gutierrez // American Ceramic Society Bulletin. – 2005. – V.84, №10. – P. 14–18.
4. Sobolev, K. How nanotechnology can change the concrete world: Part 2 / K. Sobolev, M. Ferrada-Gutierrez // American Ceramic Society Bulletin. – 2005. – V.84, №11. – P. 16–20.
5. Xiaoyan, L. Effect of nano- CaCO_3 on properties of cement / Liu Xiaoyan, Chen Lei, Liu Aihua, Wang Xinrui // Energy Procedia. – 2012. – № 16. – P. 991–996.
6. Senff, L. Effect of nano- SiO_2 and nano- TiO_2 addition on the rheological behavior and hardened properties of cement mortars / L. Senff, D. Hotza, S. Lucas, V.M. Ferreira, J.A. Labrincha // Materials Science and Engineering. – 2012. – A. 532. – P. 354–361.
7. Pengkun, H. Effects of the pozzolanic reactivity of nano SiO_2 on cement-based materials / Pengkun Hou, Jueshi Qian, Xin Cheng, Surendra P. Shah // Cement & Concrete Composites. – 2015. – V.55. – P. 250–258.
8. Rong, Z. Effects of nano SiO_2 -particles on mechanical and microstructural properties of ultra-high performance cementitious composites / Z. Rong, W. Sun, H. Xiao, G. Jiang // Cement & Concrete Composites. – 2015. – V. 56. – P. 25–31.
9. Alizadeh, R. Hydration of tricalcium silicate in the presence of synthetic calcium-silicate-hydrate / R. Alizadeh, L. Raki, J. M. Makar, J. J. Beaudoin, I. Moudrakovski // J. Mater. Chem. – 2009. – № 19. – P.7937–7946.
10. Holger, L. Microstructure engineering of Portland cement pastes and mortars through addition of ultrafine layer silicates / H. Lindgreen, M. Geiker, H. Krøyer, N. Springer, J. Skibsted // Cement & Concrete Composites. – 2008. – V.30. – P. 686–699.
11. Khodakov, G.S. Physics of grinding / G.S. Khodakov. – М.: Nauka, 1972. – 307 p.
12. Trautwein, A. I. Enhancement of the reactivity of fillers as a result of grinding / A. I. Trautwein, V.V. Yadykina, A.M. Gridchin // Building materials. – 2010. – № 12. – P. 82–85.
13. Strakhov, A.V. Development of technology production of thermal insulating materials based on liquid glass / A.V. Strakhov, O.A. Konchakova // Resraining-efficient technologies in the construction complex of the region. – 2012. – № 2. – P. 271–275.
14. Shoshin, E.A. the Ratio of $\text{CA}(\text{Oh})_2$ – sucrose as the factor of influence on the morphology of amorphous calcium hydrosilicates / E.A. Shoshin [etc.]// Scientific review. – 2015. – № 16. – P. 168–179.
15. Shoshin, E.A. Formation of nano-phase of Portland cement at early stages of hardening in the presence of disaccharides / Y.A. Shoshin, D.K. Timokhin, D.O. Obychaev // Scientific review. – 2015. – № 4. – P. 159–168.

УДК 666.972.7

*Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарева*

Россия, 430000, г. Саранск,
ул. Большевистская, д. 68,
тел.: (8342)47-71-56; факс: (8342)47-71-56

Селяев Владимир Павлович,
академик РААСН, доктор технических
наук, профессор, зав. кафедрой
«Строительные конструкции»
E-mail: ntorm80@mail.ru

Селяев Павел Владимир,
кандидат технических наук, доцент
E-mail: ntorm80@mail.ru

Алимов Марат Фатихович,
аспирант кафедры «Строительные
конструкции»

Кечуткина Евгения Львовна,
аспирант кафедры строительных
конструкций

*Mordovian State University
named after N.P. Ogarev*

Russia, 430000, Saransk, 68,
Bolshevistskaya St.,
tel.: +7(8342)47-71-56; fax: +7(8342)47-71-56

Seljaev Vladimir Pavlovich,
Academician of the Russian Academy of
Architectural and Construction Sciences, Doctor
of Sciences, Professor, Head of the department
«Building structures»
E-mail: ntorm80@mail.ru

Seljaev Pavel Vladimirovich,
Candidat of Science, Associate Professor
E-mail: ntorm80@mail.ru

Alimov Marat Fatihovich,
Postgraduate of the department «Building
structures»

Kechutkina Evgeniya Lvovna,
Postgraduate of the department «Building
structures»

ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАГРАММ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ ПРИ СЖАТИИ

В.П. Селяев, П.В. Селяев, М.Ф. Алимов, Е.Л. Кечуткина

Предложены новые подходы к анализу диаграмм деформирования цементных композитов, полученных при испытании со скоростью нагружения 0,5 мм/мин и частотой измерения усилий и перемещений 0,1 с. Показано, что процесс деформирования при сжатии является дискретно-непрерывным и состоит из отдельных актов повышения и сброса нагрузки. Основными физическими характеристиками процесса нагружения являются: амплитуда, частота сбросов нагрузки; квант разрушения (по В.В. Новожилову). Разрушение структуры цементных композитов начинается с микроуровня и завершается формированием трещины разрушения на границе контакта матрицы и зерна заполнителя. Анализ графиков изменения частоты и амплитуды сбросов нагрузки дает возможность выделить на диаграмме деформирования четыре этапа: изменения структуры; разуплотнения; уплотнения; накопления микроразрушений; роста трещины разрушения.

Ключевые слова: диаграмма деформирования, квант разрушения, трещины, деформации, цементный композит

PHYSICAL CHARACTERISTICS OF STRAIN DIAGRAMS OF CEMENT COMPOSITES UNDER COMPRESSION

V.P. Selyaev, P.V. Selyaev, M.F. Alimov, E.L. Kechytkina

The results of the analysis of the strain diagrams of cement composites, obtained when tested at a loading rate of 0.5 mm/min and a frequency of measuring forces and displacements of 0.1 sec are given. It is shown that the deformation process under compression is discretionary and consists of individual acts of increasing and load shedding. The main physical characteristics of the process of loading are: amplitude, frequency discharge load; the quantum of destruction (V. Novozhilova). The destruction of the structure of cement composites starts with micro and ends with the formation of fracture at the contact interface of the matrix and grain filling. Analys level of graphs according to of frequency and amplitude of the discharge load allows to select the chart of deformation of four stages:

changes in the structure; decompression; compaction; accumulation of microrarray; crack growth fracture.

Keywords: deformation diagram, quantum of destruction, cracks, deformation, cement composite

Методами прямого и косвенного наблюдения (ультразвуковым, тензометрическим, акустической эмиссии, микроскопии и рентгенографии) установлено, что на всем протяжении нагружения наращивание деформаций связано с эволюционным развитием системы микродефектов, пор, трещин в структуре цементного композита. С ростом нагрузки одни трещины закрываются, другие открываются и увеличиваются в размерах; поры меняют форму, сливаются, образуя трещины; меняются суммарная длина и плотность трещин на единицу площади поперечного сечения изделия.

В работах О.Я. Берга по результатам ультразвуковых наблюдений показано, что на диаграммах « σ – ϵ » можно выделить несколько этапов [1].

На первом этапе при действии малых сжимающих напряжений происходят разуплотнение структуры, раскрытие и закрытие (схлопывание) трещин, наименее устойчивых рыхлых дефектов. Поэтому начальный участок диаграммы состояний бетона пологий и может иметь обратную кривизну. Время прохождения ультразвука через бетон увеличивается и затем, после прохождения через экстремум, уменьшается (рис. 1).

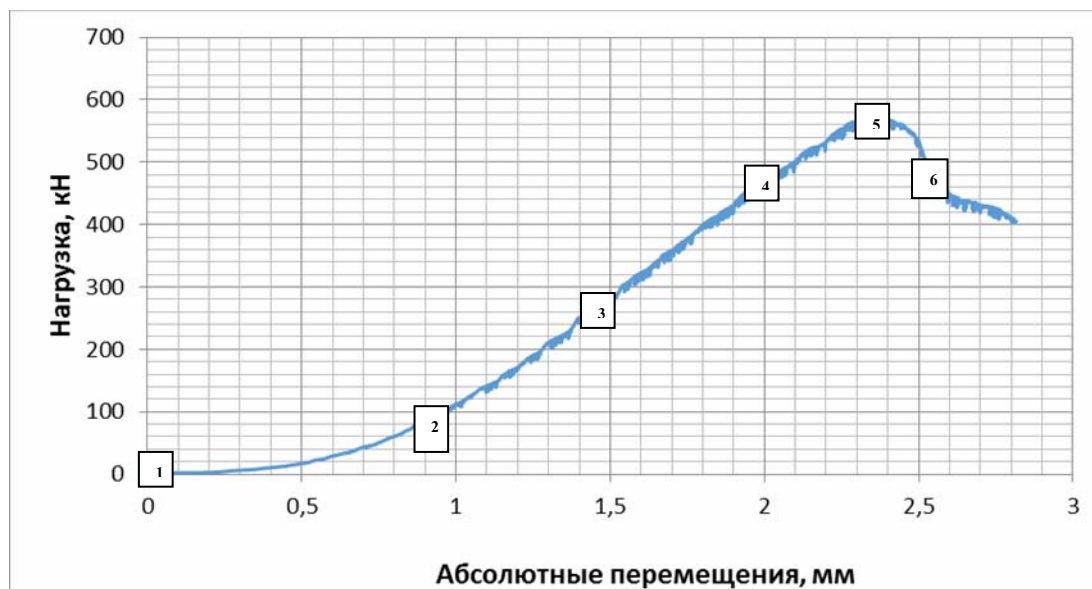


Рис.1. Диаграмма зависимости нагрузки от перемещения (скорость нагружения 0,5 мм/мин, частота сбора данных 0,1 с)

На втором этапе происходит накопление энергии разрушения без разрывов структуры материала, что соответствует линейному участку диаграммы деформирования. Время прохождения ультразвука через бетон уменьшается до второго экстремума, которому соответствует напряжение $\sigma = R_t^0$, по Бергу – первая параметрическая точка, граница начала процесса микроразрушений.

Третий этап на диаграмме деформирования начинается от первой параметрической точки и представлен нелинейным участком, что объясняется разуплотнением структуры, зарождением очагов локального разрушения, формированием точек бифуркации и магистральной трещины. Рост магистральной трещины (трещины разрушения) на четвертом этапе может сдерживаться, что на диаграмме деформирования выражается ниспадающей ветвью. На третьем и четвертом этапах скорость прохождения ультразвука уменьшается, что подтверждает развитие процесса разуплотнения структуры.

Современное силовое оборудование дает возможность получать более полную информацию об изменении напряжений и деформаций в процессе нагружения.

Авторами была предпринята попытка получить диаграммы деформирования при постоянной скорости нарастания перемещений и высокой частоте измерения перемещений и нагрузки; предложить методику анализа основных физических характеристик диаграммы деформирования; описать процесс разрушения цементных композитов с учетом полученных физических характеристик.

Для этого были проведены испытания на сжатие кубиков $10 \times 10 \times 10$ см из цементного бетона. Испытания проводились на специальной машине с использованием программно-аппаратного комплекса Wille Geotechnik R (модель 13-PD/401), который позволяет отслеживать параметры испытаний в режиме реального времени с разрешением более 20 бит ($1 \cdot 10^6$ шагов) с тремя свободно переключаемыми каналами для каждой оси (усилие, перемещение, давление).

Изменение напряжений и деформаций композиционных материалов в процессе нагружения фиксировалось с шагом 0,1 с, скорость нагружения – 0,5 мм/мин.

На рис. 1 показана диаграмма деформирования, полученная при скорости нагружения 0,5 мм/мин. В этом случае отчетливо видно, что процесс нарастания деформаций сопровождается дискретными актами повышения и падения напряжений.

При увеличении масштаба можно проследить, как меняется характер дискретных актов нагрузки и разгрузки.

На рис. 2 показано в увеличенном масштабе прерывистое развитие деформации при различных уровнях нагружения (в точках 1, 2, 3, 4, 5, 6).

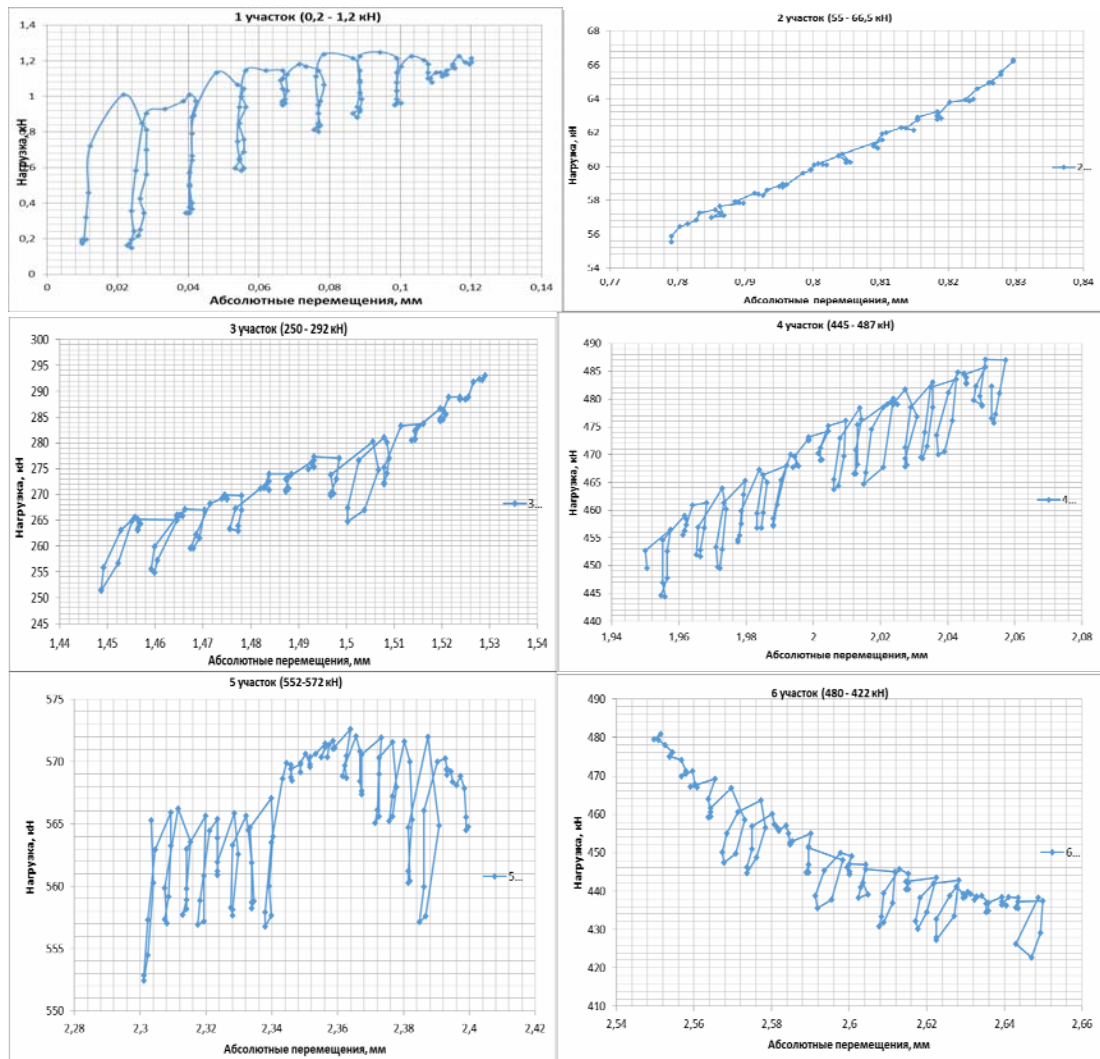


Рис. 2. Диаграммы деформирования на участках 1, 2, 3, 4, 5, 6

В области точек 1, 2 идет разуплотнение структуры бетона, разрушаются слабые, рыхлые структурные образования. Показана цепочка дискретных актов разрушения. Нагрузка увеличивается на 0,8 кН, и затем происходит сброс. Но в целом с ростом деформаций прослеживается тенденция роста воспринимаемой нагрузки. На втором участке в диапазоне 55÷250 кН нагружение сопровождается практически стабильным нарастанием деформаций с редкими сбросами нагрузки. При нарастании деформации выше $0,35 \epsilon_{bu}$ (ϵ_{bu} – предельная деформация, соответствующая максимальной нагрузке при сжатии) характер дискретных разрушений меняется. Возрастает амплитуда роста нагрузки и спада, увеличивается частота сбросов нагрузки (рис. 3, 4). На отрезке диаграммы 3-5 возрастает число отказов, разрушения структурных элементов, повышается амплитуда нагрузки дискретного цикла нагружения, уменьшается квант разрушения с 0,02 до 0,004 мм (квант разрушения понимается по В.В. Новожилову). На шестом участке в области ниспадающей диаграммы деформирования разрушение также имеет дискретный характер.

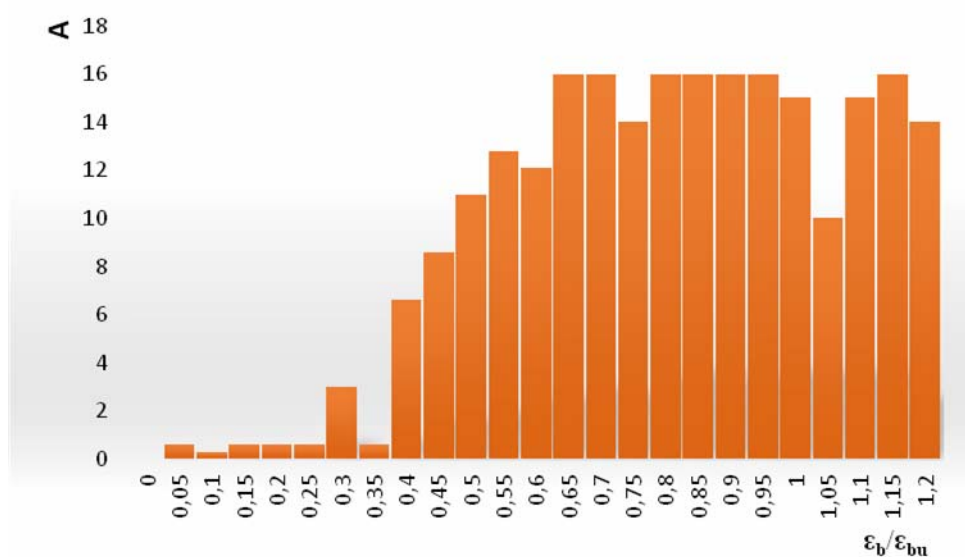


Рис. 3. Изменение амплитуды сбросов нагрузки на кривой деформирования

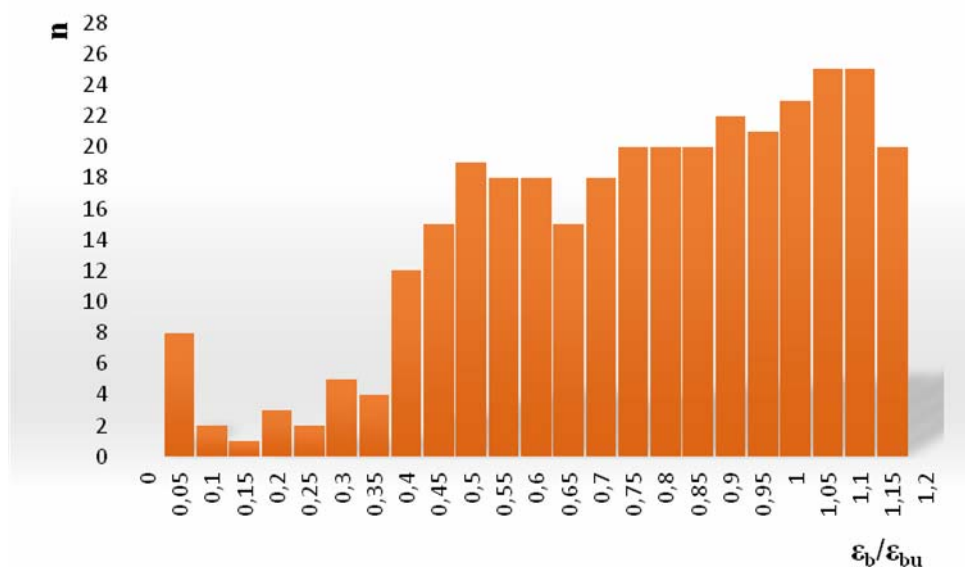


Рис. 4. Частота отказов структурных элементов с ростом деформаций

В табл. 1 приведены численные данные по результатам физического анализа диаграммы деформирования. Для этого диаграмму деформирования представили в увеличенном масштабе, что позволило посчитать: количество дискретных актов разрушения (n) на отрезках роста абсолютной деформации на 0,12 мм (n – количество всплесков на диаграмме деформирования); амплитуду изменения нагрузки при одном акте дискретного разрушения.

Т а б л и ц а 1

Результаты физического анализа развернутых диаграмм деформирования,
где n – количество квантов разрушения на отрезке $\Delta 0,12$ мм;
 A – амплитуда всплеска, кН, δ – абсолютная деформация, мм

δ , мм	n	A , кН	ΔP_u , кН	$\Delta P_u / P_u$
0,0-0,12	8	0,5-0,2	0,8-0,3 0,0-1,2кН	0,002
0,12-0,24	2	0,2	1,0-2,5 кН	0,004
0,24-0,36	1	0,5	2,5-7,5 кН	0,013
0,36-0,48	3	0,5	7,5-14,5 кН	0,026
0,48-0,60	2	0,5	14,5-28 кН	0,05
0,60-0,72	5	3,0	28-45 кН	0,08
0,72-0,84	4	0,5	45-69 кН	0,12
0,84-0,96	12	6,5	69-100	0,18
0,96-1,08	15	8,5	100-137	0,24
1,08-1,20	19	11	137-170,5	0,3
1,20-1,32	18	12,5	170,5-215,5	0,38
1,32-1,44	18	12	215,5-261,5	0,46
1,44-1,56	15	16	261,5-307,5	0,54
1,56-1,68	18	16	307,5-353	0,62
1,68-1,80	20	14	353-400	0,7
1,80-1,92	20	16	400-444	0,79
1,92-2,04	20	16	444-483	0,86
2,04-2,16	22	16	483-524	0,93
2,16-2,28	21	16	524-564	1,0
2,28-2,4	23	16	564-567	1,0
2,4-2,52	25	10	567-500	0,89
2,52-2,64	25	14	500-438	
2,64-2,72	20	16	438-430	
2,72-2,84				

Экспериментальные данные, полученные в результате расшифровки диаграммы деформирования, записанной с применением программного комплекса Welle Geotechnik и силовой установки 13-PD/4 01, не противоречат современным представлениям о процессе разрушения композитных материалов.

Диаграммы деформирования убедительно показывают, что разрушение композитов при нагружении является дискретно-непрерывным процессом, то есть он суммируется из множества отдельных, частных актов разрушения структуры. Подобные предположения приведены в работах, основанных на анализе процессов разрушения металлов и полимерных композитов [2, 4, 7].

Новожиловым В.В. введено понятие «квант разрушения» применительно к процессу, который развивается при усталостных динамических испытаниях [2]. Предлагается квант разрушения понимать как меру минимально возможного скачка трещины, который может быть реализован в данной среде. Минимально возможную удельную энергию разрушения, которая затрачивается на скачок усталостной трещины, равный кванту разрушения, определяют как квант энергии разрушения. Однако, как показывают результаты испытаний цементных композитов, под действием статического

нагружения разрушение также носит квантовый характер. Непрерывный процесс складывается из дискретных процессов разрушения структуры.

Объяснить это явление можно, если принять гипотезу о фрактальности строения структуры композита. Сложная макроструктура формируется из более мелких структурных элементов, которые подобны целому.

Современные исследования свидетельствуют о том, что композиционные материалы – это сложные, иерархически организованные масштабно-инвариантные системы, которые на каждом масштабном уровне могут быть представлены двумя обобщенными компонентами – матрицей и наполнителем [4–6]. Масштабные уровни рассмотрения структуры композитов принято коррелировать с размерами включений в матрицу: заполнителей, наполнителей, пузырьков воздуха. Для строительных композитов на цементном вяжущем предложено [6] по типу частиц (включений) рассматривать четыре масштабных уровня:

1. Сантиметровый уровень представлен матрицей и включениями зерен заполнителя размером до 5 см ($5 \cdot 10^{-2}$ м). Заполнителем могут служить плотные измельченные горные породы или пористые гранулы искусственного или естественного происхождения. Зерна заполнителя вводятся в бетон для заполнения объема, повышения жесткости. Иногда с помощью заполнителя придают особые свойства бетону. Зерна заполнителя являются концентраторами напряжений; поэтому из-за плохого сцепления матрицы с заполнителем в зоне контакта до приложения нагрузки образуются трещины, которые при нагружении частично закрываются и переориентируются, что способствует при дальнейшем нагружении формированию и развитию трещин разрушения. Крупность заполнителя влияет на прочность композита.

2. Миллиметровый уровень формируется из матрицы и наполнителя, размер частиц которого до 5 мм ($5 \cdot 10^{-3}$ м). В качестве наполнителя часто применяется кварцевый песок, но могут использоваться и поризованные наполнители. Объемное содержание, механические характеристики, крупность частиц влияют на прочность композита. При нагружении в матрице (микрометровый уровень) вокруг песчинок и крупного заполнителя (в матрице миллиметрового уровня) формируются трещины, росту которых препятствуют поры, пустоты и наполнитель.

3. Микрометровый уровень формируется из матрицы и наполнителей, представленных тонкодисперсными минеральными порошками, которые вводятся в состав цементной композиции в ограниченном количестве (10–20 % по объему) для направленного изменения прочностных, деформативных, физических свойств. Крупность частиц находится в пределах от 0,1 до 5 мкр ($5 \cdot 10^{-6}$); частицы наполнителя влияют на формирование микроструктуры композита. Возможно проявление самоорганизации частиц в кластеры и другие агрегаты. Варьируя степень наполнения композита, можно направленно влиять на прочностные свойства композита. Частицы наполнителя могут являться очагами образования микротрещин при высокой степени наполнения. На микроуровне разрушение структуры преимущественно развивается путем объединения пор.

4. Нанометровый уровень формируется из матрицы, представленной цементным камнем, полученным путем затворения цемента водой и введения специальных функциональных добавок, регулирующих свойства связующего. Размер частиц наполнителя находится в наноразмерном диапазоне 20–200 нм. Частицы вводятся для усиления исходной матрицы (цементного камня), выполняют роль очагов кристаллизации. При направленном подборе бинарных наполнителей можно, регулируя температурно-влажностные условия твердения, синтезировать новые минералы, усиливающие структуру цементного камня.

Частицы заполнителя часто бывают очень хрупкими и не могут противостоять развитию пластических деформаций. Поэтому при развитии больших пластических деформаций в матрице они могут разрушаться, образуя условные пустоты.

Дефекты, поры, зерна заполнителей и наполнителей, как правило, являются инициаторами, очагами концентрации напряжений и зарождения трещин, но они могут выполнять и функции демпферов, гасителей энергии разрушения.

Анализ диаграмм деформирования показал, что квант разрушения, характеризующий дискретность процесса нагружения, с повышением уровня напряжений уменьшается и на этапе уплотнения в среднем равен 0,01 мм, на этапе активного разрушения – 0,005 мм.

Для сталей и алюминия кванты разрушения равны 0,5 и (2÷5) нм. Эти размеры коррелируются с параметрами кристаллической решетки. В композиционных материалах квант разрушения по аналогии, можно предположить, должен коррелироваться с расстояниями между дефектами. Принимая в качестве дефектов структуры частицы заполнителя и наполнителя и рассматривая системы «матрица – заполнитель» на различных масштабных уровнях, легко можно рассчитать расстояния между дефектами. Исходя из кубической упаковке шаров-наполнителей расстояние δ между частицами будем определять по формуле вида:

$$\delta = d \left(0,806^3 \sqrt{\frac{1}{V_3} - 1} \right) = kd,$$

где V_3 – относительное содержание заполнителя диаметром d в единичном объеме.

Зависимость между параметрами k и V_3 представлена в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Зависимость k от величины V_3

Показатель	1	2	3	4	5	6
V_3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,52
k	0,74	0,38	0,2	0,09	0,02	0

Тогда, принимая для сантиструктуры $d=5$ см, $V_3=0,4$, получаем $\delta=4,5$ мм; для миллиструктуры: $d=5$ мм, $V_3=0,5$, $\delta=0,1$ мм, для микроструктуры $d=5$ мкм; $V_3=0,2$ и $\delta=0,002$ мм.

Квант разрушения, как мера минимально возможного скачка трещины, связана с образованием новой поверхности разрыва. Рост трещины происходит за счет прохождения устья трещины от дефекта, на границе которого она зародилась, до соседнего дефекта, находящегося на расстоянии δ . Сопоставляя величины δ для разных масштабных уровней и кванты разрушения, определенные по диаграмме деформирования, можно прийти к выводу, что разрушение композита начинается с образования трещин на микроуровне. Накопление трещин в матрице на микроуровне приводит к ее разупрочнению и создает условия для начала роста трещин, расположенных в области контакта крупного заполнителя и матрицы. Поэтому в конечном счете прочность композита при сжатии и растяжении оказывается зависимой от крупности заполнителя t , что подтверждается экспериментально [4].

Предположение о начале разрушения структуры композита с микроуровня подтверждается экспериментальными данными, приведенными в работе [8].

Движение, развитие трещины сопровождается не только разрушением структуры матрицы, но и взаимодействием с инородными включениями – наполнителями, заполнителями, пустотами (порами). С увеличением уровня нагрузки в кончике трещины накапливается плотность энергии, достаточная для ее роста. Во время движения трещины часть ее энергии постепенно рассеивается путем излучения упругих волн в окружающий материал до тех пор, пока какое-либо препятствие (пора, частица заполнителя) не остановят ее движение. Дальнейшее движение трещины возможно только при условии увеличения напряжения. Чем больше препятствий на пути движения трещины, тем более значительным должно быть увеличение напряжения. Поэтому в процессе развития трещина приобретает сложную изломанную форму, обусловленную препятствиями в виде пор, частиц заполнителя и наполнителя. На поверхности трещины могут быть ступеньки, равные по длине расстоянию между дефектами.

Можно предположить, что каждому масштабному уровню структуры будут соответствовать определенные показатели прочности, деформативности. Поскольку

структура композита фрактальна, то и поверхности, контур трещины разрушения также являются фрактальными. Применяя принципы фрактальности для трещины, развивающейся в структуре композита, можно утверждать, что истинная длина трещины ℓ_k будет равна:

$$\ell_k = \ell_0 \alpha^{1-D}, \quad (1)$$

где ℓ_0 – длина трещины, измеренная по прямой; α – масштаб измерения длины трещины; D – фрактальная размерность.

Силовым показателем развития трещины является коэффициент интенсивности напряжений k_1 (для фрактальной трещины соответственно k_1'), который принято определять по формуле вида:

$$k_1 = \sigma \sqrt{\pi \ell_0}.$$

Для фрактальной трещины по аналогии запишем:

$$k_1' = \sigma \sqrt{\pi \ell_k} = \sigma \sqrt{\pi \ell_0 \alpha^{1-D}} = k_1 \sqrt{\alpha^{1-D}}. \quad (2)$$

Тогда принимая модель, предложенную в работах [3, 4, 6], можно записать выражения для определения прочности на сжатие R_b и прочности на растяжение R_{bt} с учетом фрактальной размерности D и масштабного уровня α :

$$R_{bt} = \frac{k_1}{\sqrt{\pi \ell_0}} \alpha^{0,5(1-D)}; \quad R_b = \frac{k_2}{\sqrt{\pi \ell_0} (1-\gamma)} \alpha^{0,5(1-D)}, \quad (3)$$

где γ – коэффициент трения.

Экспериментально установлено, что фрактальная размерность контура трещины равна: $1 < D < 2$. Следовательно, прочность композита увеличивается с уменьшением масштабного уровня структуры, что не противоречит экспериментальным данным.

Прочность и фрактальная размерность, по экспериментальным данным, связаны более сложной зависимостью [7]. С ростом степени наполнения от 0 до 10 % прочность композита снижается, фрактальная размерность повышается. В интервале наполнения от 10-20 % прочность цементного композита и фрактальная размерность увеличиваются (см.рис.4). Следовательно, формулы (3) применимы в определенных граничных пределах.

Выводы

1. Диаграммы деформирования цементных композитов при сжатии, полученные при скорости деформирования 0,5 мм/мин и с шагом измерения основных силовых и деформационных параметров 0,1 с, свидетельствуют о том, что процесс разрушения материала является дискретно-непрерывным. Процесс нарастания деформаций и при статическом нагружении состоит из дискретных актов повышения и сброса нагрузки, что можно объяснить неоднородностью, наличием дефектов в структуре композита.

2. Основными физическими характеристиками диаграммы деформирования композитов предлагается принять: частоту отказов (частоту сбросов нагрузки); амплитуду сбросов; квант разрушения, как меру минимально возможного скачка (по В.В. Новожилову).

3. На диаграмме деформирования (по аналогии с О.Я. Бергом) можно выделить этапы разуплотнения, уплотнения, развития микроразрушений и трещины разрушения структуры. Первая параметрическая точка, соответствующая уровню деформаций, превышение которых сопровождается интенсивным накоплением микроразрушений, для испытанных образцов находится в пределах $(0,35 \div 0,4) \varepsilon_{bu}$.

4. Разрушение структуры цементного композита начинается на микромасштабном уровне и приводит к разрыхлению структуры, что создает предпосылки для роста трещин разрушения, размеры которых соизмеримы с размерами дефектов, создаваемых на границе контакта матрицы и зерен заполнителя.

Список литературы

1. Берг, О.Я. Высокопрочный бетон / О.Я. Берг, Е.Н. Щербаков, Г.Н. Писанко. – М.: Стройиздат, 1971. – 208 с.
2. Иванова, В.С. Количественная фрактография. Усталостное разрушение / В.С. Иванова, А.А. Шанявский. – Челябинск: Metallurgy, 1988. – 400 с.
3. Бондаренко, В.М. Физические основы прочности бетона / В.М. Бондаренко, В.П. Селяев, П.В. Селяев // Бетон и железобетон. – 2014. – №4. – С.2–6.
4. Селяев, В.П. Основы фрактальной механики разрушения бетона / В.П. Селяев, П.В. Селяев, Е.Л. Кечуткина // Механика разрушения строительных материалов и конструкций: материалы VIII Академических чтений РААСН. – Международной научно-технической конференции. – Казань: КГАСУ, 2014. – С. 289–298.
5. Чернышев, Е.М. Неоднородность структуры и сопротивление разрушению конгломератных строительных композитов / Е.М. Чернышев, Е.И. Дьяченко, А.И. Макеев. – Воронеж: Воронежский ГАСУ, 2012. – 98 с.
6. Селяев, В.П. Эволюция и проблемы технологий, надежности создания изделий на основе цементных композитов / В.П. Селяев, П.В. Селяев // Материалы Российско-Китайского форума инженерных технологий: сб. тр. (КНР, г. Ханьжоу, 8-16 октября, 2015). – С. 185–195.
7. Селяев, В.П. Химическое сопротивление цементных композитов / В.П. Селяев, В.И. Соломатов, Л.М. Ошкина. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та. 2001. – 152 с.
8. Зиновьев, В.Н. Классификация микротрещин и границы их проявления в бетоне при сжатии. Часть 4-2 / В.Н. Зиновьев, Д.В. Романовский, Р.А. Шувалов // Бетон и железобетон. – 2015. – №5. – С.27–32.

References

1. Berg, O.J. High-strength concrete / O.J. Berg, E.N. Shcherbakov, G.N. Pisanko. – M.: Stroyizdat, 1971. – 208 p.
2. Ivanov, V.S. Quantitative fractography. Fatigue failure / V.S. Ivanov, A.A. Shanyavsky. – Chelyabinsk: Metallurgy, 1988. – 400 p.
3. Bondarenko, V.M. Physical basis of the strength of concrete / V.M. Bondarenko, V.P. Selyaev, P.V. Selyaev // Concrete and reinforced concrete. – 2014. – N4. – P.2–6.
4. Selyaev, V.P. Basics of fractal fracture mechanics of concrete. Fracture mechanics of materials and structures / V.P. Selyaev, P.V. Selyaev, E.L. Kechutkina // Materials of the VIII Academic readings RAASN. – International scientific and technical conference. – Kazan: KGASU, 2014. – P. 289–298.
5. Chernyshov, E.M. The heterogeneity of the structure and fracture resistance of composite construction conglomerate / E.M. Chernyshov, E.I. Dyachenko, A.I. Makeev. – Voronezh: Voronezh GASU, 2012. – 98 p.
6. Selyaev, V.P. The evolution of technology and challenges, reliability, creating products based on cement composites / V.P. Selyaev, P.V. Selyaev // Proceedings of the Russian-Chinese Forum of engineering technology (China, Hanyzhou. Proceedings. 8-16 October, 2015). – P. 185–195.
7. Selyaev, V.P. The chemical resistance of cement composites / V.P. Selyaev, V.I. Solomatov, L.M. Oshkina. – Saransk: Univ publishing Univ, 2001. – 152 p.
8. Zinoviev, V.N. Classification of microcracks and boundaries of their manifestation in concrete under compression. Part 4-2 / V.N. Zinoviev, D.V. Romanovsky, R.A. Shuvalov // Concrete and reinforced concrete. – 2015. – N5. – P.27–32.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Гарькина Ирина Александровна,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Математика и математическое
моделирование»
E-mail: fmatem@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Garkina Irina Aleksandrovna,
Doctor of Sciences, Professor
of the department «Mathematics
and Mathematical Modeling»
E-mail: fmatem@pguas.ru

КОМПОЗИТЫ: ЧАСТНЫЕ КРИТЕРИИ, ФОРМАЛИЗАЦИЯ

И.А. Гарькина

Рассматриваются приложения методов интерполяции к изучению кинетических процессов в композиционных материалах специального назначения. Предлагается использование кубических сплайнов при моделировании физико-механических характеристик композитов.

Ключевые слова: композиционные материалы, математическое моделирование, кинетические процессы, интерполяция и аппроксимация, сплайны

COMPOSITES: PARTICULAR CRITERIA, FORMALIZATION

I.A. Garkina

Applications of interpolation methods to the study of kinetic processes in composite materials for special purposes are given. The use of cubic splines for modeling of physical and mechanical properties of composites is proposed.

Keywords: composite materials, mathematical modeling, kinetic processes, interpolation and approximation, splines

Известно [1, 2], что обобщенный критерий качества композиционного материала строится на основе частных критериев качества (отдельных свойств). Поэтому актуальной является задача получения аналитических зависимостей частных критериев как функций времени (*задача приближения функций* [3]: по заданной таблице чисел $(x_i, f(x_i))$, $x_i \in [a, b]$, $i = \overline{1, N}$, вычислить функцию $f(x)$ с той или иной точностью на отрезке $[a, b]$ действительной оси).

Классический метод решения этой задачи основан на построении интерполяционного многочлена Лагранжа

$$L_N = \sum_{i=1}^n f(x_i) \frac{\omega_N(x)}{(x-x_i)\omega'_N(x_i)}, \quad \omega_N(x) = \prod_{i=1}^n (x-x_i).$$

Однако даже при большом числе узлов интерполяционный многочлен Лагранжа не всегда позволяет получить необходимое приближение функции (так, последовательность интерполяционных многочленов Лагранжа, построенных для непрерывной на отрезке $[-1, 1]$ функции $f(x) = |x|$ по равноотстоящим узлам, не сходится при возрастании числа узлов N к $f(x)$). Иногда трудности построения хороших интерполяционных многочленов удаётся преодолеть за счёт перехода к специальным многочленам или выбора подходящей системы узлов интерполяции.

В настоящее время разработка материалов обычно осуществляется, исходя из требуемых эксплуатационных значений и вида кинетических процессов формирования

физико-механических характеристик материала. Ими и определяются структура и свойства композита [2]. Если контролируемый параметр x с течением времени асимптотически приближается к эксплуатационному значению $x = x_m$, то задача синтеза композита сведется к:

- выбору порядка и вида дифференциального уравнения, описывающего кинетический процесс формирования свойства x ;
- параметрической идентификации модели $x(t)$;
- сопоставлению экспериментальных и модельных кинетических процессов при выбранной точности;
- корректировке модели (при необходимости).

Это относится к процессам формирования всех основных физико-механических характеристик композитов (набор прочности, изменение модуля упругости, контракция и усадка, нарастание внутренних напряжений, тепловыделение, химическая стойкость, водопоглощение и водостойкость и др.).

В наиболее простом случае аналитическое описание кинетического процесса $x(t)$ сведется к задаче интерполяции функции $f(x)$ (вместо t используется x , символ функции f заменяется на x). Значения функции $f(x)$ на отрезке $[a, b]$ предполагаются известными. Нередко известны и значения некоторых производных в точках x_0, x_1, \dots, x_n (узлы интерполяции). Задача сводится к приближенному определению значений функции $f(x)$ (возможно, значений и некоторых производных в точках x , лежащих между узлами x_0, x_1, \dots, x_n – *задача интерполяции*; или в точках x , лежащих вне, справа, слева от узлов – *задача экстраполяции*): по исходным данным построить такую интерполяционную функцию $\tilde{f}(x)$, чтобы её значения в узлах интерполяции совпали (с заданной точностью) с данными значениями $f(x)$, а в остальных точках отрезка были бы близки к неизвестным значениям функции $f(x)$.

Теоретическую возможность построения такой функции $\tilde{f}(x)$ дают известные результаты по теории аппроксимации, суть которых состоит в следующем. Пусть экспериментально получены значения:

$$y_k = f(x_k), \quad x_0 < x_1 < \dots < x_n.$$

Если данная функция $f(x)$ непрерывна на отрезке $[a, b]$, то её можно с любой точностью аппроксимировать многочленами, а также другими функциями достаточно простой структуры: кусочно-постоянными, кусочно-линейными и т. п.

Интерполяция кусочно-постоянной функцией. Здесь интерполяционная функция $\tilde{f}(x)$ на отрезке $[x_0, x_n]$ определяется в виде

$$\tilde{f}(x) = \begin{cases} y_k, & \text{если } x = x_k; \\ \frac{y_k + y_{k+1}}{2}, & \text{если } x_k < x < x_{k+1}. \end{cases}$$

Интерполяция кусочно-линейной функцией. Интерполяционная функция $\tilde{f}(x)$ на отрезке $[x_0, x_n]$ определяется формулой

$$\tilde{f}(x) = y_k + \frac{y_{k+1} - y_k}{x_{k+1} - x_k} (x - x_k), \quad \text{если } x_k \leq x \leq x_{k+1}.$$

Интерполяция кусочно-квадратичной функцией. Здесь интерполяционная кусочно-квадратичная функция $\tilde{f}(x)$ на отрезке $[x_0, x_n]$ определяется в виде

$$\tilde{f}(x) = \frac{(x-x_k)(x-x_{k+1})}{(x_{k-1}-x_k)(x_{k-1}-x_{k+1})} y_{k-1} + \frac{(x-x_{k-1})(x-x_{k+1})}{(x_k-x_{k-1})(x_k-x_{k+1})} y_k + \frac{(x-x_{k+1})(x-x_k)}{(x_{k+1}-x_{k-1})(x_{k+1}-x_k)},$$

если $x_k \leq x \leq x_{k+1}$, $k = 1, 3, 5, \dots, n-1$.

При получении интерполяционной функции каждые три точки: $(x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2)$, далее $(x_2, y_2), (x_3, y_3), (x_4, y_4)$ и т.д. соединяются параболической кривой $y = ax^2 + bx + c$.

С практической точки зрения кусочно-квадратичная интерполяция для решения многих задач оказывается наиболее удобной: является достаточно простой для расчётов и даёт, как правило, малую погрешность.

Интерполяция многочленом n -й степени. Известно, существует *единственный* многочлен n -й степени, принимающий в точках x_0, x_1, \dots, x_n заданные значения y_0, y_1, \dots, y_n . Запись такого многочлена может иметь разный вид. Например, по формуле Лагранжа:

$$L_N^{(x)} = \frac{(x-x_1)(x-x_2)\dots(x-x_n)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2)\dots(x_0-x_n)} y_0 + \frac{(x-x_0)(x-x_2)\dots(x-x_n)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2)\dots(x_1-x_n)} y_1 + \dots + \frac{(x-x_0)(x-x_1)\dots(x-x_{n-1})}{(x_n-x_0)(x_n-x_1)\dots(x_n-x_{n-1})} y_n.$$

Отметим, что стоящий перед y_k множитель будет равен 1, если $x = x_k$, и 0, если $x = x_j, j \neq k$; так что $\tilde{f}(x_k) = y_k$.

Так осуществлялась интерполяция *вязкости эпоксидного композита в зависимости от концентрации специальной добавки* (машинного масла) при фиксированной температуре $t = 55^\circ C$ по экспериментальным данным (x_i, y_i) : $(0, 119), (1, 145), (5, 160), (10, 65), (15, 91)$.

Имеем:

$$L_4(x) = \frac{(x-1)(x-5)(x-10)(x-15)}{(0-1)(0-5)(0-10)(0-15)} 119 + \frac{(x-0)(x-5)(x-10)(x-15)}{(1-0)(1-5)(1-10)(1-15)} 145 + \frac{(x-0)(x-1)(x-10)(x-15)}{(5-0)(5-1)(5-10)(5-15)} 160 + \frac{(x-0)(x-1)(x-5)(x-15)}{(10-0)(10-1)(10-5)(10-15)} 65 + \frac{(x-0)(x-1)(x-5)(x-10)}{(15-0)(15-1)(15-5)(15-10)} 91 = 0,0107x^4 + 0,0203x^3 + 4,9048x^2 + 30,8740x + 119.$$

При *равноотстоящих узлах* удобнее пользоваться известной *формулой Ньютона*:

$$\tilde{f}(x) = y_0 + \frac{\Delta y_0}{1!} \frac{x-x_0}{h} + \frac{\Delta^2 y_0}{2!} \left(\frac{x-x_0}{h} - 1 \right) + \dots + \frac{\Delta^n y_0}{n!} \frac{x-x_0}{h} \left(\frac{x-x_0}{h} - 1 \right) \left(\frac{x-x_0}{h} - 2 \right) \dots \left(\frac{x-x_0}{h} - n + 1 \right);$$

здесь $\Delta y_0 = y_1 - y_0$, $\Delta^2 y_0 = \Delta y_1 - \Delta y_0 = (y_2 - y_1) - (y_1 - y_0)$,

$$\Delta^3 y_0 = \Delta^2 y_1 - \Delta^2 y_0, \dots, \Delta^3 y_0 = \Delta^{n-1} y_1 - \Delta^{n-1} y_0, \quad h = x_k - x_{k-1}.$$

Погрешность интерполяции $R(x)$ многочленом n -й степени $R(x) = f(x) - \tilde{f}(x)$ удовлетворяет неравенству

$$|R(x)| \leq |x - x_0| |x - x_1| \dots |x - x_n| \frac{1}{(n+1)!} \max |f^{(n+1)}(x)|.$$

Этот метод эффективно использовался для получения *интерполяционных моделей прочности на сжатие, тепловыделения, усадки при разработке эпоксидных композиций*.

На практике для аппроксимации функции $f(x)$ вместо построения *глобального интерполяционного многочлена* на всём промежутке целесообразно использовать *кусочно-линейную интерполяцию*: отрезок $[a, b]$ разбивается точками $a = x_1 < x_2 < \dots < x_N = b$ на части, и на каждом промежутке $[x_i, x_{i+1}]$, $i = \overline{1, N}$ строится свой интерполяционный многочлен. Полученные многочлены (обычно *одинаковой степени*) интерполируют функцию на всём отрезке. Однако озабоченность при этом вызывают *условия сопряжения на концах соседних отрезков*. Перспективным оказалось использование *сплайнов* (гладкие кусочно-многочленные функции, составленные из многочленов одной и той же степени; в основном, третьей).

При построении *кубических сплайнов*, являющихся дважды непрерывно дифференцируемыми функциями, предполагается, что на отрезке $[a, b]$ в узлах сетки $\omega \{a = x_1 < x_2 < \dots < x_N = b\}$ заданы значения функции $f(x)$: $f_i = f(x_i)$, $i = \overline{1, N}$. Интерполяционный кубический сплайн $S(x)$ удовлетворяет условиям

$$S(x_i) = f_i, S'(x_i) = f'(x_i), S''(x_i) = f''(x_i), \quad (1)$$

и на каждом из отрезков $[x_i, x_{i+1}]$ он определяется четырьмя коэффициентами (для его построения на всём промежутке $[a, b]$ необходимо определить $4 \cdot N$ коэффициентов). Предполагается непрерывность во всех внутренних узлах интерполяции x_i , $i = \overline{2, N-1}$, не только сплайна $S(x)$, но и его производных $S'(x)$ и $S''(x)$. Из этих условий получаются $3(N-1)$ уравнений для определения неизвестных коэффициентов сплайна. Добавив $N+1$ уравнение по (1), получим $4(N-2)$ уравнения. Два уравнения получаются из ограничений на значение сплайна и его производных на концах промежутка $[a, b]$ (*краевые условия*). Наиболее употребительными являются краевые условия вида:

$$S'(a) = f'(a), S'(b) = f'(b);$$

$$S''(a) = f''(a), S''(b) = f''(b);$$

$$S^k(a) = S^k(b), k = 1, 2;$$

$$S'''(x_p + 0) = S'''(x_p - 0), p = 1, p = N - 1.$$

При определении аналитических зависимостей для кинетических процессов (по каждому из частных критериев) нами использовался приводимый ниже алгоритм построения интерполяционных кубических сплайнов. А именно, на каждом из отрезков $[x_i, x_{i+1}]$ сплайн

$$S(x) = a_i + b_i x + c_i x^2 + d_i x^3$$

для уменьшения числа неизвестных коэффициентов представлялся в специальном виде, исходя из

$$S'(x_i) = m_i, i = \overline{0, N};$$

$$h_i = x_{i+1} - x_i, t = \frac{(x - x_i)}{h_i}.$$

На отрезке $[x_i, x_{i+1}]$ кубический сплайн представится в виде

$$S(x) = f_i (1-t)^2 (1+2t) + f_{i+1} t^2 (3-2t) + m_i h_i (1-t)^2 - m_{i+1} t^2 (1+t) h_i$$

(на каждом из $[x_i, x_{i+1}]$ $S(x)$ непрерывен вместе со своей первой производной всюду на $[a, b]$). Из условия непрерывности второй производной во всех внутренних узлах следует:

$$\lambda_i m_{i-1} + 2m_i + \mu_i m_{i+1} = 3 \left(\mu_i \frac{f_{i+1} - f_i}{h_i} + \lambda_i \frac{f_i - f_{i-1}}{h_{i-1}} \right), \quad (2)$$

$$\mu_i = \frac{h_{i-1}}{h_{i-1} + h_i}, \lambda_i = 1 - \mu_i = \frac{h_i}{h_{i-1} + h_i}, i = \overline{0, N}.$$

С учетом граничных условий добавятся уравнения:

$$2m_0 + m_1 = 3 \frac{f_1 - f_0}{h_0}, m_{N-1} + 2m_N = 3 \frac{f_N - f_{N-1}}{h_{N-1}}.$$

Построение кубического сплайна сводится к решению линейной системы с трехдиагональной матрицей относительно неизвестных коэффициентов m_i :

$$2m_0 + m_1 = 3 \frac{f_1 - f_0}{h_0};$$

$$\lambda_i m_{i-1} + 2m_i + \mu_i m_{i+1} = 3 \left(\mu_i \frac{f_{i+1} - f_i}{h_i} + \lambda_i \frac{f_i - f_{i-1}}{h_{i-1}} \right); \quad (3)$$

$$m_{N-1} + 2m_N = 3 \frac{f_N - f_{N-1}}{h_{N-1}}.$$

По приведенному алгоритму были получены удовлетворительные для практических целей результаты при разработке ряда композитов специального назначения [4...6].

Список литературы

1. Будылина, Е.А. Моделирование с позиций управления в технических системах / Е.А. Будылина, И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 2 (16). – С. 138–142.
2. Системный анализ в строительном материаловедении: монография / Ю.М. Баженов, И.А. Гарькина, А.М. Данилов, Е.В. Королев. – М.: МГСУ: Библиотека научных разработок и проектов, 2012. – 432 с.

3. Гарькина, И.А. Опыт разработки композиционных материалов: некоторые аспекты математического моделирования / И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Известия ВУЗов. Строительство. – 2013. – №8 (656). – С.28–33.
4. Данилов, А.М. Интерполяция, аппроксимация, оптимизация: анализ и синтез сложных систем / А.М. Данилов, И.А. Гарькина. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 168 с.
5. Budylna, E. Control of multiobjective complex systems / E. Budylna, A. Danilov, I. Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Т. 8. – № 9. – P. 441–445.
6. Данилов, А.М. Итеративный теоретико-экспериментальный метод построения критериев качества многоцелевых систем / А.М. Данилов, И.А. Гарькина, Я.И. Сухов // Региональная архитектура и строительство. – 2015. – № 2 (23). – С. 120–124.

References

1. Budylna, E.A. Modeling from the positions of management in technical systems / E.A. Budylna, I.A. Garkina, A.M. Danilov // Regional architecture and engineering. – 2013. – № 2 (16). – P. 138–142.
2. Systems analysis in building materials: monograph / Yu.M. Bazhenov, I.A. Garkina, A.M. Danilov, E.V. Korolev. – М.: Moscow State University of Civil Engineering: Library of scientific developments and projects, 2012. – 432 p.
3. Garkina, I.A. Experience in the development of composite materials: some aspects of mathematical modeling / I.A. Garkina, A.M. Danilov // Proceedings of universities. Construction. – 2013. – №8 (656). – P.28–33.
4. Danilov, A.M. Interpolation, approximation, optimization: analysis and synthesis of complex systems / A.M. Danilov, I.A. Garkina. – Пенза: PGUAS, 2014. – 168 p.
5. Budylna, E. Control of multiobjective complex systems / E. Budylna, A. Danilov, I. Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Т. 8. – № 9. – P. 441–445.
6. Danilov, A.M. Iterative theoretical-experimental method for constructing of quality criteria of multi-purpose systems / A.M. Danilov, I.A. Garkina, Ya.I. Sukhov // Regional architecture and engineering. – 2015. – №2 (23). – P.120–124.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Логанина Валентина Ивановна,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Управление качеством
и технология строительного производства»
E-mail: loganin@mai.ru

Рыжов Антон Дмитриевич,
аспирант кафедры «Управление качеством
и технология строительного производства»
E-mail: penza48@yandex.ru

Фролов Михаил Владимирович,
аспирант кафедры «Управление качеством
и технология строительного производства»
E-mail: mihail-frolovv@yandex.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Loganina Valentina Ivanovna,
Doctor of Sciences, Professor,
Head of the department «Quality
management and construction technologies»
E-mail: loganin@mai.ru

Ryzhov Anton Dmitrievich,
Postgraduate of the department «Quality
management and construction technologies»
E-mail: penza48@yandex.ru

Frolov Mikhail Vladimirovich,
Postgraduate of the department «Quality
management and construction technologies»
E-mail: mihail-frolovv@yandex.ru

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ШТУКАТУРКИ НА ОСНОВЕ ИЗВЕСТКОВО- ПЕРЛИТОВОГО СОСТАВА НА ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ

В.И. Логанина, А.Д. Рыжов, М.В. Фролов

Приведены сведения о результатах расчета влажностного состояния стен зданий при наличии теплоизоляционного отделочного слоя на основе разработанной сухой строительной смеси с применением синтезированных алюмосиликатов.

Ключевые слова: аморфные алюмосиликаты, сухие строительные смеси, теплоизоляция, влажностный режим стены, коэффициент диффузии влаги, паропроницаемость

IMPACT THERMAL INSULATION PLASTER ON THE BASIS OF LIME-PERLITE COMPOSITION ON MOISTURE CONDITIONS OF OUTSIDE WALLS OF BUILDINGS

V.I. Loganina, A.D. Ryzhov, M.V. Frolov

The results of calculating of moisture condition of the walls of buildings in the presence of heat-insulating finishing layer developed on the basis of dry construction mixtures with synthetic aluminum silicates are given.

Keywords: amorphous aluminum silicates, dry construction mixtures, heat insulation, wall moisture conditions, diffusion coefficient of water vapor permeability

Конденсация влаги внутри ограждения является причиной повышения его влажности. Рациональное сочетание конструктивных и теплоизоляционных материалов должно обеспечить необходимую теплоустойчивость ограждения при его достаточно высоком общем термическом сопротивлении и исключить возможность конденсации влаги внутри теплоизоляционного слоя.

При увеличении атмосферной температуры скопившаяся влага начинает переходить в фазу пара, интенсивно воздействуя на внутреннюю поверхность покрытий и прикладывая значительное усилие, направленное на отрыв покрытия от основания. Следовательно, для сохранения нормального микроклимата жилых помещений

материалы, применяемые для отделки, должны обладать определённой паропроницаемостью [1, 2].

Нами разработан известково-перлитовый отделочный состав с улучшенными теплоизоляционными свойствами с применением синтезированной алюмосиликатной добавки, покрытия на основе которого характеризуются пористостью и невысоким коэффициентом теплопроводности [3, 4].

Коэффициент паропроницаемости состава, содержащего 5 % добавки и 15 % перлитового песка, равен $\mu=0,18$ мг/м·ч·Па

Экспресс-методом был определен коэффициент диффузии влаги. Значение коэффициента диффузии влаги составляет $D = 4,74 \times 10^{-9}$ м²/с .

Для оценки влияния теплоизоляционного штукатурного слоя на основе разрабатываемого состава на изменение влажностного режима ограждающих конструкций зданий была выполнена проверка на возможность конденсации влаги в толще наружного ограждения стены (рис. 1, 2). Конструктивное решение наружной ограждающей конструкции следующее:

- 1 – штукатурка;
- 2 – керамзитобетон плотностью $\rho=1400$ кг/м³;
- 3 – утеплитель;
- 4 – штукатурка.

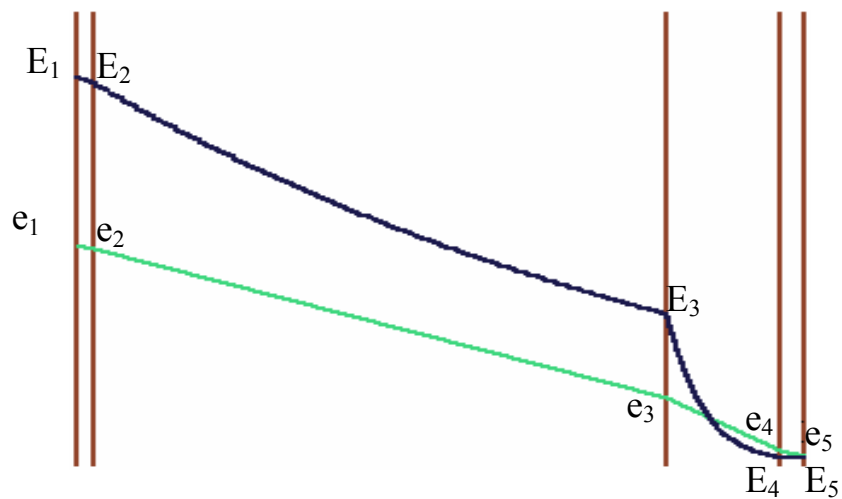


Рис. 1. Распределение линий упругости водяных паров в толще ограждения при использовании первого способа отделки

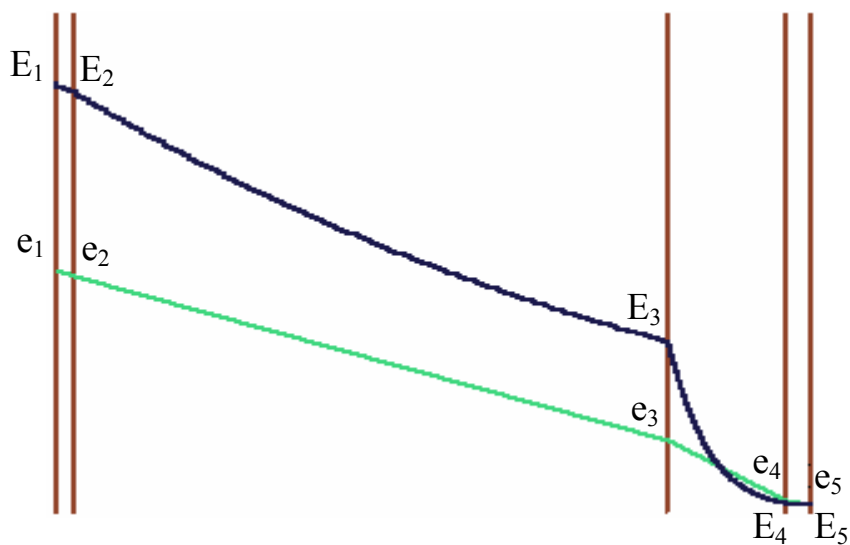


Рис. 2. Распределение линий упругости водяных паров в толще ограждения при использовании второго способа отделки

Наружные климатические параметры для расчетов были выбраны для города Новосибирска.

В качестве теплоизоляционного слоя использовались плиты из пенополистирола плотностью $\rho=100 \text{ кг/м}^3$ и коэффициентом теплопроводности $0,041 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

При расчетах рассматривалось два варианта отделки:

1 – внутренняя и наружная поверхности конструкции стены отделаны известково-песчаным раствором плотностью $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$;

2 – внутренняя поверхность конструкции отделана известково-песчаным раствором плотностью $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$, наружная поверхность конструкции стены отделана штукатуркой на основе разрабатываемого состава плотностью 700 кг/м^3 .

При расчетах влажностного режима стеновой конструкции за наружную температуру воздуха принимали температуру наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью $0,92$.

Результаты расчета представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Расчет упругости водяных паров в толще ограждения

Номер слоя	Температура	Упругость водяного пара	Максимальная упругость водяного пара
Первый вариант отделки			
1	16,2	1032	1841
2	15,9	1013	1807
3	2,0	300	705
4	-35,9	43	20,19
5	-36,3	16	19,39
Второй вариант отделки			
1	16,3	1032	1853
2	16,0	1012	1817
3	2,4	292	727
4	-34,6	32	23,19
5	-36,3	16	19,39

Пересечение линий упругости водяных паров на рис.1 происходит с большей амплитудой, чем на рис.2. Конденсация влаги происходит на границе 4-го и 5-го слоев в обоих случаях. Уменьшение разности температур с внешней и внутренней сторон ограждения за счет использования известково-перлитового теплоизоляционного состава вызывает уменьшение разности упругостей водяного пара (табл.1). Следовательно, использование второго варианта отделки способствует уменьшению ширины зоны конденсации (табл.2).

Т а б л и ц а 2

Результаты расчета весовой влажности материала в толще ограждения при конденсации водяного пара

Слой	Ширина зоны конденсации по слоям δ , м	Количество конденсата ΔG , г/м ³	Весовая влажность материала Δw_{cp} , %
Первый вариант отделки			
Пенополистирол	0,0068	48,38	71,1
Штукатурка	0,0052	37	4,44
Второй вариант отделки			
Пенополистирол	0,0045	4,19	1,35
Штукатурка	0,0004	0,38	1,36

Важным показателем при конденсации влаги в толще ограждений является превышение весовой влажности материала в зоне конденсации. Анализ данных табл. 2

указывает на эффективность применения разрабатываемого теплоизоляционного состава. Так, при использовании первого варианта отделки наблюдается превышение нормативной весовой влажности для пенополистирола, равной $\Delta w_{cp} = 25\%$, над расчетным значением влажности, равным $71,1\%$. Применение второго варианта отделки способствует снижению значений весовой влажности за счет более высокого коэффициента паропроницаемости в сравнении с известково-песчаной штукатуркой. Значение влажности для пенополистирола составляет всего $\Delta w_c = 1,35\%$. Кроме того, при сравнении вариантов отделки можно отметить и общее уменьшение ширины зоны конденсации.

Исходя из результатов проведенных исследований, можно говорить о том, что покрытие на основе разработанного состава обладает достаточной паропроницаемостью, теплопроводностью, коэффициентом диффузии влаги, что в целом будет способствовать повышению стойкости отделки и стеновой конструкции.

Список литературы

1. СП131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.
2. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учебник для вузов / В.Н. Богословский. – Изд. 3-е. – СПб.: Авок Северо-запад, 2006.
3. Логанина, В.И. Реологические свойства известковых сухих строительных смесей с синтезируемой добавкой на основе аморфного алюминия / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов // Региональная архитектура и строительство. – 2015. – №1(22). – С.58–61.
4. Loganina, V.I. Properties of Limy Composites with the Addition Aluminosilicates / V.I. Loganina, A.D. Ryzhov // Contemporary Engineering Sciences. – Vol. 8. – 2015. – № 10. – P. 409–413. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5237>.

References

1. SP131.13330.2012. Building Climatology. The updated edition of SNiP 23-01-99.
2. Bogoslovskii, V.N. Building Thermal Physics (thermal basics of heating, ventilation and air conditioning): a textbook for higher schools / V.N. Bogoslovskii. – Third Edit. – St. Petersburg: Avok Northwest, 2006.
3. Loganina, V.I. The rheological properties of dry lime mixtures with admixture based on amorphous aluminum / V.I. Loganina, A.D. Ryzhov // Regional architecture and engineering. – 2015. – №1 (22). – P.58–61.
4. Loganina, V.I. Properties of Limy Composites with the Addition Aluminosilicates / V.I. Loganina, A.D. Ryzhov // Contemporary Engineering Sciences. – Vol. 8. – 2015. – № 10. – P. 409–413. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5237>.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Фокин Георгий Александрович,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Физика и химия»
E-mail: fokingeorg@mail.ru

Вилкова Наталья Георгиевна,
доктор химических наук, профессор
E-mail: ngvilkova@mail.ru

Шапошников Никита Александрович,
студент

*Penza State University of Architecture
and Construction*
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Fokin Georgiy Alexandrovich,
Doctor of Sciences, Professor of the
department «Physics and Chemistry»
E-mail: fokingeorg@mail.ru

Vilkova Natalya Georgievna,
Doctor of Chemistry, Professor
E-mail: ngvilkova@mail.ru

Shaposhnikov Nikita Alexandrovich,
student

ВОЛНОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА МИНЕРАЛЬНОМ ВЯЖУЩЕМ

Г.А. Фокин, Н.Г. Вилкова, Н.А. Шапошников

Рассмотрен волновой метод разработки строительных материалов на минеральном вяжущем, который основан на использовании маточного (затравочного) раствора, обработанного ультразвуком, для получения строительного раствора на основе портландцемента.

Ключевые слова: цементный камень, штукатурный раствор, тяжелый бетон, волновая технология, анизотропия материалов, термодинамическая вероятность, размер фракции

WAVE TECHNOLOGY FOR BUILDING MATERIALS WITH MINERAL BINDERS

G.A. Fokin, N.G. Vilkova, N.A. Shaposhnikov

The paper discusses the wave method of obtaining building materials with mineral binders. The method uses a mother solution treated with an ultrasonic field to produce mortar mix based on Portland cement.

Keywords: cement stone, plaster coating, heavy concrete, wave technology, anisotropy materials, thermodynamic probability, grain size

Изотропия свойств является одним из условий, обеспечивающих долговечность и надежность строительных материалов. Наличие анизотропных участков способствует появлению областей концентрации напряжений, в которых при приложении нагрузки появятся микротрещины, приводящие к локальным разрушениям. При всем разнообразии порошковых методов достижение изотропности штучных изделий, и особенно больших массивов, остается задачей номер один. Проблема состоит в том, что твердение многокомпонентных структур, к которым относится бетон, носит случайный характер, поэтому энтропия в различных локальных областях различна. То есть суммарная термодинамическая вероятность системы (θ) отлична от единицы, а энтропия всей системы не равна нулю:

$$S^* = k \ln \theta_1 + k \ln \theta_2 + \dots + k \ln \theta_n = 0.$$

Таким образом, затвердевание материала имеет неупорядоченную структуру, в которой имеют место анизотропные участки. Одним из путей получения изотропных структур является применение волновых методов. Это могут быть электромагнитные колебания [1-3], воздействие вихревого магнитного поля, ультразвуковые волны

различной частоты. В производстве строительных материалов особое значение имеет ультразвуковой метод активации воды [2] и маточного (затравочного) раствора [3].

Цель работы – анализ волнового метода получения строительных материалов на минеральном вяжущем.

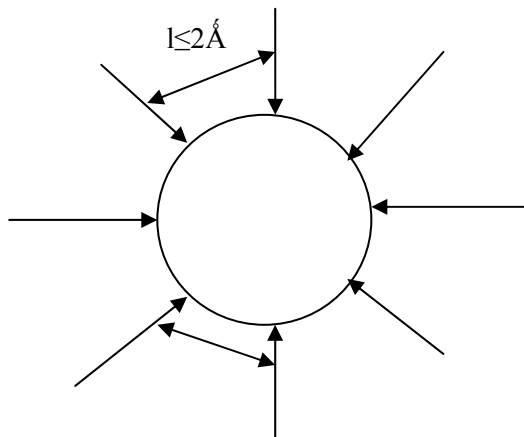
Метод исследования

Для получения систем, обработанных ультразвуковым полем, применялась установка на основе ультразвукового аппарата «Волна» (модель УЗТА-0,4/22-ОМ), электрические сигналы с которого передаются на пьезоэлектрический преобразователь, помещенный в вентилируемый кожух. Ультразвуковые колебания распространяются в среде через грибовидный, металлический вольтовод [2, 3].

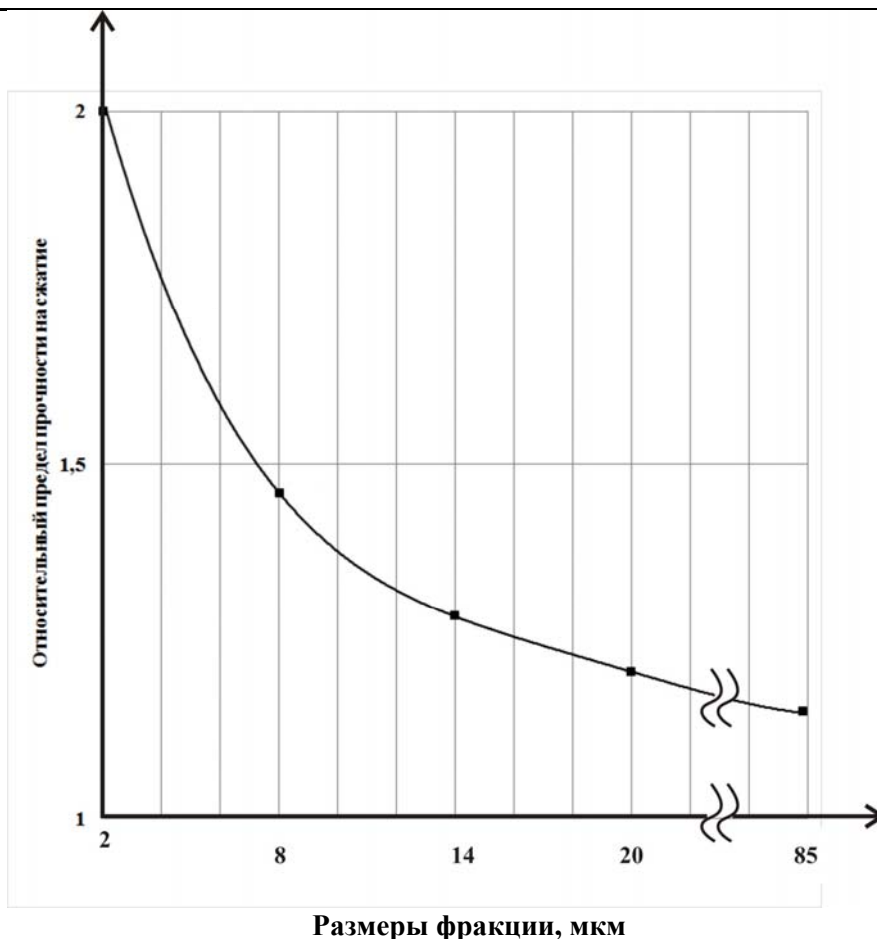
Рассмотрим возможности представленного метода и основные полученные результаты. Как известно, прочность узлов кристаллического каркаса в первую очередь определяет прочность изделия. Но она зависит от характера связи между атомами самой решетки [5]. Существенную роль в формировании кристаллической структуры играют диффузионные процессы, которые затрудняются в строительных растворах, представляющих собой пересыщенную суспензию. С этой целью подготовка строительной смеси производилась не на воде затворения, а на маточном растворе, содержащем 1,8 % по массе портландцемента. На этой стадии в результате растворения вяжущего изменялись свойства воды затворения, которая превращалась в слабый электролит. После этого маточный раствор проходил обработку ультразвуком частотой $(2\lambda \pm 1)$ кГц в течение 5 минут. Исследования показали, что в результате волновой обработки возрастает рН до 7,5 и происходит диспергирование частиц цемента и распределение их по энергетическим уровням в соответствии с распределением Больцмана:

$$N = N_0 \cdot \exp((m - m_v)gh/nkt).$$

Активные образования энергетических уровней связаны с тем, что при распространении продольных колебаний в жидкости образуются стоячие волны, в узлах которых располагаются частицы по энергетическим уровням. Введение маточного раствора в порошкообразное вяжущее вызывает интенсивное взаимодействие клинкера с активизированным раствором. Клинкерные зерна в результате диффузии получают упорядоченные области с минимальной энергией, т.е. там расположены центры кристаллизации. Процесс можно представить в виде схемы:



Отметим, что частицы, расстояние между которыми $l \leq 2\overset{\circ}{A}$, образуют между собой прочные ковалентные связи. Проведенные эксперименты позволили установить верхнюю границу размеров частиц маточного раствора (R_{\min}), которая обеспечивает максимальную прочность материала. Повышение размеров частиц (более R_{\min}) снижает прочность полученного материала. На графике (см. рисунок) представлена зависимость относительной прочности цементного камня от средних размеров фракций частиц, которые используются в воде затворения.



Относительный предел прочности цементного камня в зависимости от среднего размера частиц в воде затворения, мкм

Уменьшение размеров фракций сопровождается ростом прочности. Таким образом, разработанная волновая технология позволяет создавать строительные материалы с улучшенными физико-механическими характеристиками. Рассмотрим применение волновых технологий для изготовления цементного камня, растворов и бетонов разного предназначения в строительстве.

Волновая технология изготовления цементного камня

В воду вводится затравочная часть цемента в количестве 1,3 % относительно массы. Часть введенных затравок соединений кальция растворяется, образуя электролит, который в дальнейшем способствует активации процесса твердения. Нерастворенные частицы образуют суспензию, которая представляет собой сrost хлопьев. Ультразвуковое воздействие вызывает распад образованных хлопьев суспензии на первоначальные частицы, и в результате расклинивающего действия происходит процесс диспергирования, в результате которого возникают центры кристаллизации, т.е. получается маточный раствор. Согласно полученным ранее результатам [2, 3] исследований, верхний размер центров кристаллизации должен быть не менее 2,25 мкм. Количество частиц в одном метре кубического раствора не менее $176,9 \cdot 10^{10}$, что соответствует удельной поверхности, равной $1,33 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1}$.

Как известно [4], увеличение удельной поверхности цемента приводит к существенному повышению прочности строительных материалов на гидравлическом вяжущем. Увеличение дисперсности и удельной поверхности частиц цемента способствует переходу материалов в более высокую категорию.

Достаточно широко распространено мнение о том, что прочность затвердевшего вяжущего тем выше, чем крупнее слагающие его частички, но это не верно. Связующая способность одного и того же вяжущего вещества тем выше, чем больше

удельная поверхность частичек новообразований при оптимальной их концентрации в единице объема. Это следует из того, что чем выше дисперсность частиц, тем больше точек соприкосновения и тем выше взаимосвязь между ними вследствие ван-дер-ваальсовых и электростатических сил физического порядка, обуславливающих начальный эффект твердения. Несомненно, на связующую способность новообразований сильно влияет и форма этих частичек. Параллельно развиваются и химические связи, прочно соединяющие частички новообразований. С увеличением времени твердения связи химического порядка между частичками новообразований цементного камня все более активно участвуют в создании прочности [1].

Существенное влияние ультразвуковая обработка и введение затравок цемента оказывают на второй период твердения. Создание центров кристаллизации способствует активации процесса роста кристаллов, в результате возникают прочные кристаллизационные образования. Это подтвердили испытания цементного камня на сжатие.

Для проведения испытаний были изготовлены опытные образцы кубической формы при В/Ц = 0,43. Твердение опытных образцов проходило в течение 28 суток при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $W_{\text{отн}} = 50-55\%$. В качестве воды затворения использовали приготовленные маточные растворы [3], которые содержали частицы со средним радиусом от 2,25 до 85 мкм.

Повышение прочности в 2 раза обусловлено использованием маточного раствора для затворения цемента с содержанием центров кристаллизации размером 2,25 мкм в количестве $176,9 \cdot 10^{10}$ в 1 м^3 раствора [3]. Применение грубодисперсной исходной суспензии (маточного раствора) со средним размером частиц 85 мкм приводило к повышению прочности не более чем в 1,2 раза.

Стоит отметить, что в промышленном производстве для изготовления строительных материалов на основе цементного вяжущего требуются большие объемы воды затворения, поэтому возникает проблема, как же получить достаточное количество маточного раствора с центрами кристаллизации размером 2,25 мкм. Решение данной проблемы заключается в использовании тонкопомолотого цемента с размером зерен 2,25 мкм и ниже. Такой помол позволит использовать весь приготовленный маточный раствор без образования отходов.

Волновой метод получения штукатурного раствора

Штукатурные растворы на основе цемента в основном используют для оштукатуривания фасадов зданий и внутренних стен, которые постоянно подвергаются увлажнению (бассейны, душевые, ванные комнаты), а также при выполнении подготовительных работ со стенами, которые в дальнейшем будут покрыты декоративной штукатуркой или будут облицованы керамической плиткой.

Волновой метод приготовления штукатурного раствора на основе цемента состоит из трех этапов.

Первый этап заключается в подготовке активированной воды затворения, содержащей затравки цемента. Определенный объем водопроводной воды подвергают активации ультразвуком с частотой 22 кГц в течение 5 минут. В результате активации вода затворения переводится в метастабильное состояние, в неё вводят 1,3 % портландцемента (массовое содержание). Как результат, вода переводится в метастабильное состояние и становится активной фазой, в которой ускоряется процесс растворения соединений кальция и происходит диспергирование частиц цемента. Это уменьшает размер частиц и препятствует образованию коагуляционных флюкул цемента.

Второй этап приготовления заключается в смешивании компонентов штукатурного раствора. Как правило, штукатурные растворы состоят из 1 части цемента и 2-5 частей песка. (В работе [2] использовали штукатурный раствор состава: П:Ц=1:3 при В/Ц=0,5.) Сначала в емкость засыпают песок и собирают его в грядку, после этого сверху засыпают нужное количество цемента. Затем получившуюся смесь тщательно перемешивают мешалкой до образования однородной сухой смеси.

Третий этап является заключительным. Приготовленную однородную сухую смесь заливают активированной водой, содержащей затравки цемента, до нужной густоты, тщательно перемешивают мешалкой и употребляют в течение 1 ч. Более позднее использование раствора снижает его прочность.

Волновой метод получения штукатурного раствора может быть применен для оштукатуривания фасада здания, поскольку там нужна высокая адгезионная прочность.

Дальнейшие испытания подтвердили адгезионную прочность приготовленного раствора. Для проведения испытаний по определению адгезионной прочности было изготовлено 3 состава штукатурного раствора: состав 1 – 1:3 при В/Ц=0,5; состав 2 – 1:3 при В/Ц=0,6; 3 состав 3 – 1:3 при В/Ц=0,7. Штукатурный раствор наносили на силикатный кирпич, предварительно смоченный водой. Твердение опытных образцов проходило в течение 28 суток при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $W_{\text{отн}} = 50-55\%$. Для проведения испытаний на адгезионную прочность использовали штампы цилиндрической формы диаметром 18 мм, наклеенные эпоксидным клеем на отделанную поверхность. Растягивающее усилие на отрыв измеряли с помощью динамометра. Проводя анализ данных, приведенных в табл. 1, можно видеть, что при использовании активируемой воды, содержащей затравки цемента, для смачивания поверхности силикатного кирпича и применении её в качестве воды затворения штукатурного раствора повышается его адгезионная прочность сцепления с кирпичной подложкой.

Т а б л и ц а 1

Адгезионная прочность составов

Способ приготовления и укладки штукатурного раствора	№ состава	Адгезионная прочность, МПа
Использование активированного раствора, содержащего затравки цемента	1	0,75
	2	0,60
	3	0,30
Использование водопроводной воды	1	0,60
	2	0,45
	3	0,25

Волновой метод приготовления тяжелого бетона

Области применения бетона весьма обширны. В современном строительстве бетон является наиболее распространённым строительным материалом. Его используют практически на любых этапах строительства. Из него делают фундаменты, стены, перекрытия, крыши и т.д. Из бетона строят подземные тоннели, дороги, дамбы, мосты. Применяют в гражданском и военном, промышленном и жилищном строительстве. Использование бетона обусловлено его свойствами, а разнообразие применения бетона в строительстве обусловлено разнообразием марок и классов бетона. Поэтому целесообразна разработка методов, позволяющих улучшить физико-механические характеристики бетона. Волновой метод изготовления тяжелого бетона можно разделить на несколько этапов.

На первом этапе в водопроводную воду вводят цементное вяжущее в количестве 1,3 % (по массе). Приготовленную суспензию обрабатывают ультразвуком с частотой 22 кГц в течение 5 минут, в результате воздействия ультразвука получается активированный маточный раствор.

Второй этап заключается в подготовке крупного заполнителя, которым является гранитный щебень. Емкость заполняют водопроводной водой и помещают в неё нужное количество щебня. Затем воду с щебнем подвергают ультразвуковому воздействию с частотой 22 кГц в течение 60 минут. По окончании ультразвуковой обработки активированный щебень достают из воды и просушивают.

Третий этап – это смешивание сухих составляющих бетона (цемента и песка), в зависимости от марки изготавливаемого бетона, тщательное их перемешивание в бетоносмесителе до получения однородной сухой смеси.

На четвертом этапе в получившуюся однородную сухую смесь добавляют нужное количество маточного раствора и активированного щебня. Все компоненты тщательно перемешивают в бетоносмесителе.

Пятый заключительный этап – подача бетонной смеси на место укладки бетона.

Для реализации волнового метода получения бетона были изготовлены опытные образцы с размером ребра 10x10x10 см. В качестве воды затворения использовали водопроводную воду и активированный маточный раствор. В качестве крупного заполнителя – обычный и обработанный ультразвуком щебень. Для проведения испытаний по определению прочности на сжатие бетонных кубов было использовано 3 состава бетонной смеси: 1 – водопроводная вода и обычный щебень; 2 – водопроводная вода и активированный щебень; 3 – маточный раствор и активированный щебень; пропорции 1:2:3,8 (марка бетона 250), класс бетона В20. Твердение опытных образцов проходило в течение 28 суток при температуре $(20\pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $W_{\text{отн}} = 50-55\%$. Результаты испытаний на сжатие опытных образцов представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Результаты испытания бетона на сжатие

Номер состава	Плотность бетона, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа	Прирост прочности, %
1	2330	24,8	-
2	2340	27,4	10,5
3	2350	31,3	26,2

Результаты испытаний показали, что при использовании водопроводной воды и активированного щебня прирост прочности бетонных образцов составил 10,5 %. Совместное использование активированного маточного раствора и активированного щебня увеличивает прочность бетонных образцов на 26,2 %. Очевидно, что при воздействии ультразвука на щебень происходят его очистка и активация.

Выводы

1. Изложены теоретические предпосылки разработки волновой технологии, основанные на современном представлении о взаимодействии цемента с водой затворения и влиянии ультразвуковых колебаний на частицы вещества, находящиеся в воде затворения. Показан механизм диспергирования частиц в маточном растворе. Установлено, что уменьшение размеров частиц до $2,25 \cdot 10^{-6}$ м и удельной поверхности до $1,33 \cdot 10^6 \text{ м}^{-1}$ приводит к возрастанию прочности на сжатие строительных материалов на основе цементного вяжущего.

2. Установлено, что при использовании активируемой воды, содержащей затравки цемента, для смачивания поверхности силикатного кирпича и применении её в качестве воды затворения штукатурного раствора повышается его адгезионная прочность.

3. Показано, что активация гранитного щебня увеличивает прочность тяжелого бетона на сжатие на 10,5 %. Совместное использование активированного щебня и маточного раствора увеличивает прочность на сжатие тяжелого бетона на 26,2 %.

4. Предложен промышленный метод изготовления маточного раствора, заключающийся в том, что для получения маточного раствора применяют тонкопомолотый цемент с размером зерен 2,25 мкм и ниже. Это позволяет использовать весь приготовленный маточный раствор без образования отходов.

Список литературы

1. Баженов, Ю.М. Цементные композиты на основе магнитно- и электрохимически активированной воды затворения: монография / Ю.М. Баженов [и др.]. – Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2011. – 126 с.
2. Фокин, Г.А. Ускорение реакции твердения вяжущего низкочастотным ультразвуковым полем / Г.А. Фокин, А.С. Гуськов // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – №17. – С.62–66.
3. Фокин, Г.А. Акустические и вихревые поля в водных растворах: монография / Г.А. Фокин, О.В. Тетюшева, А.С. Гуськов. – Пенза: Изд-во ПГУАС, 2013. – 259 с.
4. Хигерович, М.И. Физико-химические и физические методы исследования строительных материалов / М.И. Хигерович, А.П. Меркин. – М.: Высшая школа, 1968. – 192 с.
5. Козлова, О.Г. Рост кристаллов / О.Г. Козлова. – М.: Изд-во Московского университета, 1967. – 238 с.

References

1. Bazhenov, Yu.M. Cement-based composites, magnetically and electrochemically activated water mixing: monograph / Yu.M. Bazhenov [etc.]. – Saransk: Publishing house of the Mordovian University, 2011. – 126 p.
2. Fokin, G.A. Accelerating the curing reaction of the binder of low-frequency ultrasonic field / G.A. Fokin, A.S. Guskov // Regional architecture and engineering. – 2013 – № 17. – P. 62–66.
3. Fokin, G.A. Acoustic and vortical fields in aqueous solutions: monograph / G.A. Fokin, O.V. Tetyusheva, A.S. Guskov. – Penza: Publishing house of PGUAS, 2013. – 259 p.
4. Gilerovich, M.I. Physico-chemical and physical methods of building materials / M.I. Gilerovich, A.P. Merkin. – M.: Higher school, 1968. – 192 p.
5. Kozlova, O.G. Growth of crystals / O.G. Kozlova. – M.: Publishing house of Moscow University, 1967. – 238 p.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Логанина Валентина Ивановна,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Управление качеством
и технологии строительного производства»
E-mail: loganin@mai.ru

Карпова Ольга Викторовна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Управление качеством и
технология строительного производства»
E-mail: karpova@mail.ru

Рыжов Антон Дмитриевич,
аспирант кафедры «Управление качеством
и технология строительного производства»
E-mail: penza48@yandex.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Loganina Valentina Ivanovna,
Doctor of Sciences, Professor,
Head of the department «Quality
management and construction technologies»
E-mail: loganin@mai.ru

Karpova Olga Viktorovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor
of the department «Quality management
and construction technologies»
E-mail: karpova@mail.ru

Ryzhov Anton Dmitrievich,
Postgraduate of the department «Quality
management and construction technologies»
E-mail: penza48@yandex.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЙ ШТУКАТУРКИ НА ОСНОВЕ ИЗВЕСТКОВО-ПЕРЛИТОВОГО СОСТАВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ ДОБАВКИ

В.И. Логанина, О.В. Карпова, А.Д. Рыжов

Приведены результаты расчета тепловлажностного состояния стен зданий при наличии теплоизоляционного отделочного слоя на основе разработанной сухой строительной смеси с применением синтезированных алюмосиликатов.

Ключевые слова: аморфные алюмосиликаты, сухие строительные смеси, теплоизоляция, тепловой и влажностный режим стены, положение нулевой изотермы

EFFICIENCY OF APPLICATION OF THERMAL INSULATION PLASTERS BASED ON LIME-PERLITE COMPOSITION USING SILICA-SUPPLEMENTS

V.I. Loganina, O.V. Karpova, A.D. Ryzhov

Results of the calculation of heat and humidity condition of buildings walls in the presence of heat-insulating finishing layer developed on the basis of dry construction mixtures with synthetic aluminum silicates.

Keywords: amorphous silica-alumina, dry mortar, thermal insulation, thermal and moisture wall conditions position of zero isotherm

Возросшие требования к энергетической эффективности зданий приводят к необходимости повышения их теплозащиты. Один из способов решения данной задачи – использование новых эффективных теплоизоляционных строительных материалов. Создание и применение таких материалов позволяет снизить материалоемкость ограждающих конструкций зданий и сооружений, а также уменьшить тепловые потери в окружающую среду.

Повышение теплозащиты эксплуатируемых зданий достигается путем наружного утепления их ограждающих конструкций за счет применения теплоизоляционного отделочного слоя. В практике строительства при выполнении отделочных работ все большее применение находят теплоизоляционные сухие строительные смеси (ССС).

Нами разработан известковый отделочный состав с улучшенными теплоизоляционными свойствами с применением синтезированной алюмосиликатной добавки, покрытия на основе которого характеризуются пористостью и невысоким коэффициентом теплопроводности.

Использование синтезированной добавки, имеющей пористую структуру, позволяет увеличить закрытую пористость (табл.1). Несмотря на увеличение пористости образцов, они характеризуются повышенной прочностью, что обусловлено химическим взаимодействием извести с синтезированными алюмосиликатами [3, 4].

Т а б л и ц а 1

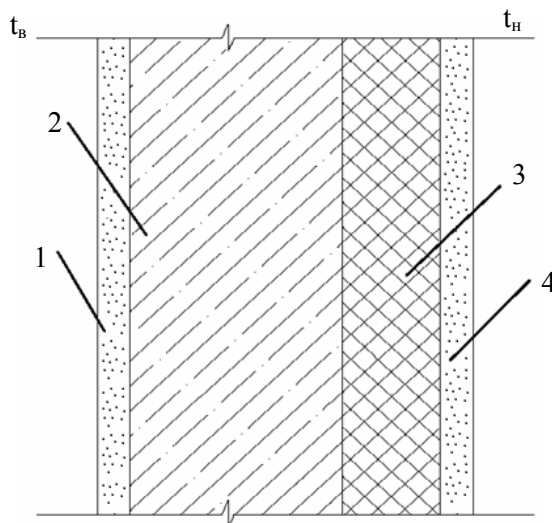
Свойства известкового композита в зависимости от режима синтеза алюмосиликатной добавки

Режим синтеза	Плотность, г/см ³	Пористость, %		Прочность, МПа	K _{разм}
		Открытая	Закрытая		
1	2	3	4	5	6
Контрольный (без добавки)	0,94	38,9	11,1	1,0	0,37
Состав с применением синтезированной добавки	0,7	25,54	45,92	4	0,7

В рецептуру разрабатываемого состава входят следующие компоненты: белый цемент, известь-пушонка, алюмосиликатная добавка, пластификатор Melflux 1641 f, редиспергируемый порошок Vinnapas 8031N, перлитовый песок.

Отделочный материал на основе разработанного состава отличается низким коэффициентом теплопроводности. Так, коэффициент теплопроводности образца с содержанием 5 % добавки и 5 % перлитового песка равен $\lambda=0,18$ Вт/(м²·°С). При увеличении содержания перлитового песка до 15 % от массы извести коэффициент теплопроводности снижается до $\lambda=0,17$ Вт/(м²·°С).

Для оценки влияния теплоизоляционного штукатурного слоя на основе разработанной ССС на изменение теплового и влажностного режима ограждающих конструкций зданий был выполнен теплотехнический расчет стены, конструктивное решение которой приведено на рисунке.



Конструктивное решение наружной ограждающей конструкции:

1 – штукатурка; 2 – керамзитобетон плотностью $\rho=1400$ кг/м³; 3 – утеплитель; 4 – штукатурка

Наружные климатические параметры для расчетов были выбраны по карте климатического районирования (СП131.13330.2012) городов, находящихся в различных климатических условиях и зонах влажности [1] (Новосибирск, Пенза).

В качестве теплоизоляционного слоя использовались:

– минераловатные плиты плотностью $\rho=175 \text{ кг/м}^3$ и коэффициентом теплопроводности $0,052 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;

– плиты из пенополистирола плотностью $\rho=100 \text{ кг/м}^3$ и коэффициентом теплопроводности $0,041 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$.

При расчетах рассматривалось два варианта отделки:

1 – внутренняя и наружная поверхности конструкции стены отделаны известково-песчаным раствором плотностью $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$;

2 – внутренняя поверхность конструкции стены отделана известково-песчаным раствором плотностью $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$, наружная поверхность – штукатуркой на основе разработанного состава плотностью 700 кг/м^3 .

При расчетах влажностного режима стеновой конструкции за наружную температуру воздуха принимали среднемесячную температуру января, а также температуру наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью $0,92$.

В табл. 2 и 3 приведены значения границы нулевой изотермы в теплоизоляционном слое для условий г. Пензы и г. Новосибирска по данным наиболее холодной пятидневки и с учетом среднемесячной температуры января.

Т а б л и ц а 2

Положение нулевой изотермы в сечении конструкции для условий г.Пензы

Вариант отделки	Расстояние от границы утеплителя до нулевой изотермы, м	
	По данным наиболее холодной пятидневки	По данным среднемесячной температуры в январе
Утеплитель – плиты из пенополистирола		
1	0,012	0,041
2	0,014	0,044
Утеплитель – минераловатные плиты		
1	0,019	0,058
2	0,021	0,061

Т а б л и ц а 3

Положение нулевой изотермы в сечении конструкции для условий г.Новосибирска

Вариант отделки	Расстояние от границы утеплителя до нулевой изотермы, м	
	По данным наиболее холодной пятидневки	По данным среднемесячной температуры в январе
Утеплитель – плиты из пенополистирола		
1	0,005	0,032
2	0,007	0,034
Утеплитель – минераловатные плиты		
1	0,0051	0,037
2	0,0067	0,039

Результаты расчетов, выполненных при среднемесячной температуре января, показали, что для условий, например, г.Пензы для всех видов утеплителей и при оштукатуривании внешней поверхности стены известково-песчаным раствором плотностью $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$ возможна конденсация влаги в толще утеплителя. При применении штукатурки на основе разработанного состава ССС конденсация влаги отсутствует.

Установлено, что при отделке конструкции с внешней стороны штукатуркой на основе разработанного известково-перлитового состава наблюдается смещение нулевой изотермы на 1-3 мм в сторону пониженных температур по сравнению с приме-

нением штукатурки на основе известково-песчаного раствора. Смещение нулевой изотермы при использовании предлагаемого состава свидетельствует о том, что высыхание конструкции будет идти интенсивнее.

Таким образом, применение при отделке наружных стен зданий разработанного теплоизоляционного состава будет способствовать повышению теплозащитных свойств и стойкости ограждающей конструкции здания.

Список литературы

1. СП131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99.

2. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха): учебник для вузов / В.Н. Богословский. – 3-е изд.– СПб.: Авок Северо-запад, 2006.

3. Loganina, V.I. Properties of limy composites with the addition aluminosilicates / V.I. Loganina, A.D. Ryzhov // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – № 9. – P. 409–413.

4. Логанина, В.И. Структура и свойства синтезируемой добавки на основе аморфных алюмосиликатов / В.И. Логанина, А.Д. Рыжов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 5. – С. 7–10.

References

1. SP131.13330.2012. Building Climatology. The updated edition of SNiP 23-01-99.

2. Bogoslovskii, V.N. Building Thermal Physics (thermal basics of heating, ventilation and air conditioning): a textbook for high of schools / V.N. Bogoslovskii. –Third edit. – St. Petersburg: Avok Northwest, 2006.

3. Loganina, V.I. Properties of limy composites with the addition aluminosilicates / V.I. Loganina, A.D. Ryzhov // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – № 9. – P. 409–413.

4. Loganina, V.I. Structure and properties of admixture based on amorphous aluminosilicate / V.I. Loganina, A.D. Ryzhov // Bulletin of the Belgorod State Technological University. V.G. Shukhov. – 2015. – № 5. – P. 7–10.

УДК 69.034.92:678.686:620.1

*Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарева*

Россия, 430000, г. Саранск,
ул. Советская, д. 24
тел.: (8342) 47-71-56

Низина Татьяна Анатольевна,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Строительные конструкции»,
советник РААСН
E-mail: nizinata@yandex.ru

Селяев Владимир Павлович,
академик РААСН, доктор технических
наук, профессор, зав. кафедрой
«Строительные конструкции», президент
Научно-технического общества строителей
Республики Мордовия
E-mail: ntorm80@mail.ru

Низин Дмитрий Рудольфович,
аспирант кафедры «Строительные
конструкции»
E-mail: nizindi@yandex.ru

Чернов Алексей Николаевич,
аспирант кафедры «Строительные
конструкции»
E-mail: lhms@rambler.ru

*Mordovian State University
named after N.P. Ogarev*

Russia, 430000, Saransk, 24,
Soviet St.,
tel.: (8342) 47-71-56

Nizina Tatyana Anatolevna,
Doctor of Sciences, Professor of the
department «Building structures», Adviser of
the Russian Academy Of Architecture and
Construction Sciences
E-mail: nizinata@yandex.ru

Seljaev Vladimir Pavlovich,
Academician of the Russian Academy of
Architectural and Construction Sciences, Doctor
of Science, Professor, Head of the department
«Building structures», President of Scientific
and Technical Society of the Mordovia
Republic
E-mail: ntorm80@mail.ru

Nizin Dmitry Rudolfovich,
Postgraduate of the department «Building
structures»
E-mail: nizindi@yandex.ru

Chernov Alexey Nikolaevich,
Postgraduate of the department «Building
structures»
E-mail: lhms@rambler.ru

ВЛИЯНИЕ ЦВЕТА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РЕЖИМ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗАЩИТНО- ДЕКОРАТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НАТУРНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ*

Т.А. Низина, В.П. Селяев, Д.Р. Низин, А.Н. Чернов

Приведены результаты исследования влияния температуры окружающего воздуха и значений актинометрических параметров на изменение температуры поверхности образцов защитно-декоративных полимерных покрытий различных цветов на основе эпоксидных связующих. Установлено, что разогрев поверхности в большей степени зависит от интенсивности актинометрических параметров, чем от температуры окружающего воздуха.

Ключевые слова: защитно-декоративные покрытия, эпоксидные связующие, температура, перегрев поверхности, интенсивность солнечной радиации, ультрафиолет А, ультрафиолет В

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-33-01008.

INFLUENCE OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS COLOR ON THE OPERATING MODE OF PROTECTIVE AND DECORATIVE COATINGS UNDER THE IMPACT OF NATURAL CLIMATIC FACTORS

T.A. Nizina, V.P. Selyaev, D.R. Nizin, A.N. Chernov

The result of investigation of influence of ambient air temperature and actinometrical values of the parameters to change different color samples of protective and decorative polymer coatings surface temperature based on epoxy resins is shown. It is established that the surface heating largely depends on the intensity of actinometrical parameters than the ambient temperature.

Keywords: protective and decorative coatings, epoxy resins, temperature, surface superheat, intensity of solar radiation, ultraviolet A, ultraviolet B

В последние десятилетия производство и применение композиционных материалов на основе эпоксидных связующих значительно возросло. Эпоксидные композиты обладают высокой стойкостью к действию различных агрессивных факторов, что позволяет эффективно использовать их в качестве защитных покрытий строительных конструкций [1–4].

Известно, что в процессе эксплуатации защитные покрытия строительных изделий и конструкций подвергаются воздействию многочисленных климатических факторов (тепло, солнечный свет, проникающая радиация, влага, кислород и др.), что создает условия для их старения [3, 4]. Помимо физико-механических свойств полимерных покрытий под действием климатических факторов изменяются и цветовые характеристики, существенное снижение которых, как правило, свидетельствует об интенсивном протекании деградационных процессов [5–10].

Наибольшее влияние на протекание процессов деградациии в натуральных условиях оказывают температура и влажность. Однако практика показала, что при натурной экспозиции важна не столько температура воздуха, сколько температура, которую приобретают образцы с учётом нагрева солнечным излучением [11, 12]. В работе [11] показано, что при экспонировании образцов на открытых климатических площадках перегревы поверхности образцов в солнечные безветренные дни достигали 40–45 °С, т.е. при температуре воздуха 27 °С поверхность исследуемого углепластика нагревалась до 72 °С. Отмечается, что при такой температуре эпоксидное связующее во влагонасыщенных композитах оказывается в области перехода из стеклообразного в высокоэластическое состояние и его реакционная способность повышается.

В последние годы появились эпоксидные смолы и отверждающие системы, обладающие пониженной вязкостью, что позволяет создавать на их основе пропитки и покрытия с комплексом улучшенных свойств. Нанесение подвижных полимерных систем на пористые бетонные поверхности обеспечивает более глубокое проникание эпоксидных связующих в объем защищаемого основания по сравнению с традиционными покрытиями на основе эпоксидной смолы ЭД-20, что позволяет повысить адгезионную прочность и, как следствие, долговечность наносимых покрытий.

В рамках проводимого исследования с апреля по сентябрь 2015 года на климатической площадке эколого-метеорологической лаборатории Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва экспонировались четыре группы образцов полимерных связующих различных цветов (см. таблицу). Исследуемые составы представляли собой композиты на основе низковязкой эпоксидной смолы Этал-247 и трех видов отвердителей – Этал-1472, Этал-45 TZ2, Этал-2МК, в зависимости от использования которых и формировались покрытия различных цветов – соответственно, черного, коричневого и прозрачного. Четвертый вид исследуемого композита – двухкомпонентное полимерное покрытие для полов «Полидек ЭП-500» серого цвета.

Составы исследуемых полимерных композитов

Номер состава	Цвет композита	Вид эпоксидного связующего	Вид отверждающей системы
1	Черный	Этал-247	Этал-1472
2	Коричневый	Этал-247	Этал-45TZ2
3	Серый	Полидек ЭП-500	
4	Прозрачный	Этал-247	Этал-2МК

Для оценки воздействия климатических факторов использовалась автоматическая станция контроля загрязнения атмосферного воздуха (АСК) с актинометрическим комплексом в составе, позволяющая проводить мониторинг метеорологических параметров и загрязняющих веществ в окружающем воздухе в круглосуточном режиме [13]. Фиксирование актинометрических параметров (суммарная солнечная радиация и ультрафиолетовые излучения диапазонов А и В) происходило каждые 10 минут.

В ходе проведения экспериментальных исследований для оценки изменения температуры и относительной влажности поверхности образцов применялась система мониторинга на основе датчиков DS 1923-F5, представляющих собой самодостаточные устройства, работающие в беспроводном автоматическом режиме с возможностью последующей передачи собранной информации на ПК.

В процессе экспонирования образцов полимерных композитов на открытой испытательной площадке в течение 6 месяцев 2015 года был получен обширный набор данных, на основе которого построены графики изменения температуры поверхности составов различных цветов в зависимости от температуры окружающего воздуха, интенсивности солнечной радиации, а также ультрафиолетовых излучений диапазонов А (315÷400 нм) и В (280÷315 нм).

При экспонировании образцов была выявлена близкая к линейной корреляционная зависимость между температурами поверхности образцов $T_{пов}$ и окружающего воздуха $T_{в}$ (рис. 1):

$$T_{пов} = bT_{в} + a, \quad (1)$$

где a и b – коэффициенты, получаемые по результатам экспериментальных исследований.

Установлено, что в зависимости от периода экспонирования наблюдается дополнительный разогрев поверхности образца, достигающий в летние месяцы 25-30 °С. Однако анализ графиков зависимости изменения прироста температуры поверхности образца от температуры окружающего воздуха показал (рис. 2) отсутствие линейной зависимости между исследуемыми параметрами, что свидетельствует о наличии других факторов, оказывающих влияние на дополнительный разогрев поверхности композитов.

Анализ времени максимального разогрева поверхности полимерных композитов позволил установить (рис. 3), что наибольшие значения для всех исследуемых периодов наблюдаются в дневные часы, когда интенсивность солнечной радиации и ультрафиолета максимальна. В вечернее и ночное время температура поверхности образцов близка к температуре воздуха; это подтверждает, что на дополнительный разогрев поверхности наибольшее влияние оказывает не температура воздуха, а интенсивность актинометрических параметров.

Из анализа представленных на рис. 3 данных видно, что наибольшая разница температур зафиксирована для черных образцов (состав 1) и составляет 28 °С в мае 2015 года (рис. 3, а). При этом наименьший прирост температур, по сравнению с составами других цветов, получен для прозрачных покрытий (рис. 3, б). Это связано с тем, что прозрачные составы отражают часть солнечной радиации и ультрафиолета в большей степени, чем композиты более насыщенных цветов. Следовательно, чем

светлее образец, тем меньше будет перегрев его поверхности относительно температуры воздуха.

Для установления количественной связи между интенсивностью актинометрических параметров (солнечная радиация, ультрафиолетовые излучения диапазонов А и В) и приростом температур поверхности образцов в процессе экспонирования были построены графические зависимости, аналогичные представленным для состава 1 на рис. 4.

Из анализа полученных данных выявлено, что между интенсивностью солнечной радиации и разницей температур существует линейная зависимость, описываемая следующим уравнением:

$$\Delta T = \alpha + \beta Q, \quad (2)$$

где Q – интенсивность солнечной радиации, Вт/м²; α и β – коэффициенты.

Учитывая, что полученное уравнение описывает изменение прироста температуры в зависимости от интенсивности солнечной радиации, можно сказать, что α – показатель прироста температуры поверхности образца при нулевой интенсивности воздействия (°С), а β – скорость прироста температуры, измеряемая в м²·°С/Вт.

При построении графических зависимостей влияния интенсивности ультрафиолетовых излучений диапазонов А и В установлено, что они также хорошо описываются линейными зависимостями вида (2), в которых переменная Q заменяется на Q_A и Q_B :

$$\Delta T = \alpha_A + \beta_A Q_A, \quad (3)$$

$$\Delta T = \alpha_B + \beta_B Q_B. \quad (4)$$

Графические зависимости изменения коэффициентов уравнений (2) – (4) в зависимости от месяца экспонирования для различных типов актинометрического воздействия приведены на рис. 5. Значения коэффициентов корреляции R^2 для полученных линейных зависимостей варьировались в интервале 0,83÷0,98.

Из анализа представленных зависимостей видно, что все значения свободных членов уравнений (2) – (4) α , α_A и α_B отрицательны, что свидетельствует о снижении температуры поверхности образцов по сравнению с температурой окружающего воздуха при близкой к нулю интенсивности воздействия актинометрических факторов. Очевидно, это в первую очередь объясняется образованием конденсата на поверхности образцов в ночные часы. Наименьшее снижение температуры поверхности (около 0,5–1 градуса) происходит в летние месяцы, когда количество конденсата на поверхности образцов минимально, наибольшее – в апреле и мае, для которых характерны разогрев поверхности под действием солнечной радиации днем и достаточно низкие температуры в ночные часы.

При анализе графиков изменения коэффициентов β , β_A и β_B выявлено (см. рис. 5), что во всех случаях максимальные значения зафиксированы для образцов черного цвета, минимальные – прозрачного. Вклад солнечной радиации в общий прирост температуры поверхности максимален в мае и сентябре, когда температура воздуха не столь высока, как летом, а интенсивность актинометрических параметров в дневные часы уже значительна. Исключение составляет вклад ультрафиолетового излучения диапазона В в апреле; для всех исследуемых композитов, кроме прозрачного, в этот период зафиксированы более высокие значения β_B , чем в мае.

В июле 2015 года температура воздуха была значительно выше, чем в другие летние месяцы, поэтому вклад интенсивности солнечной радиации в общий прирост температуры поверхности для этого периода минимален (рис. 5, а). Аналогичные выводы можно сделать и при анализе влияния ультрафиолетовых излучений А и В (рис. 5, б – в).

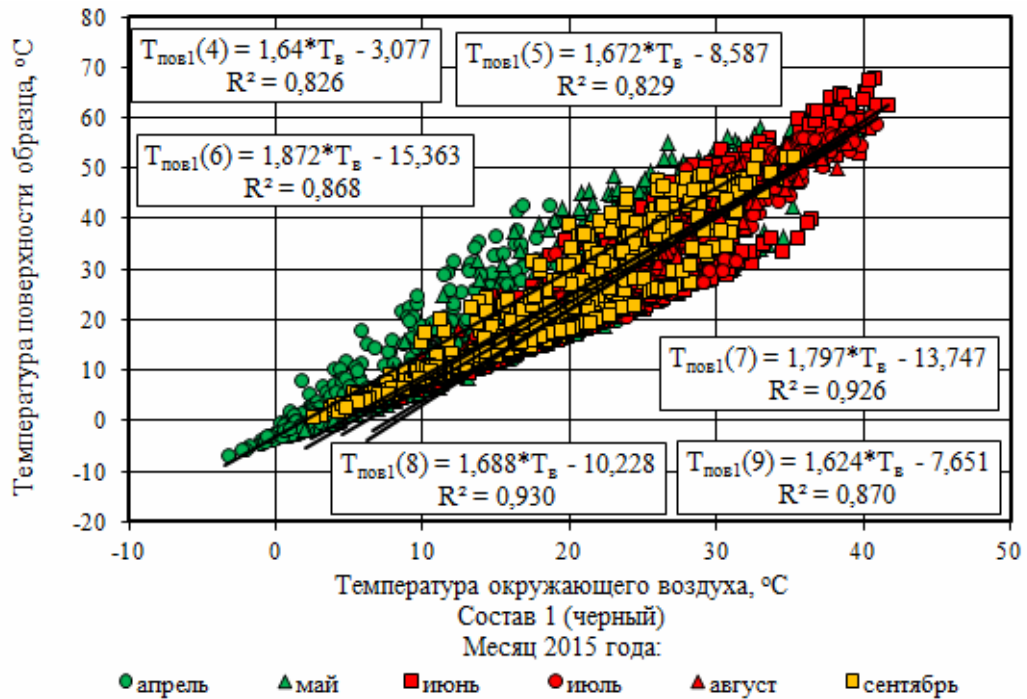


Рис. 1. Корреляционная зависимость между температурами окружающего воздуха и поверхности полимерного композита (состав 1, черный) в зависимости от месяца натурального экспонирования

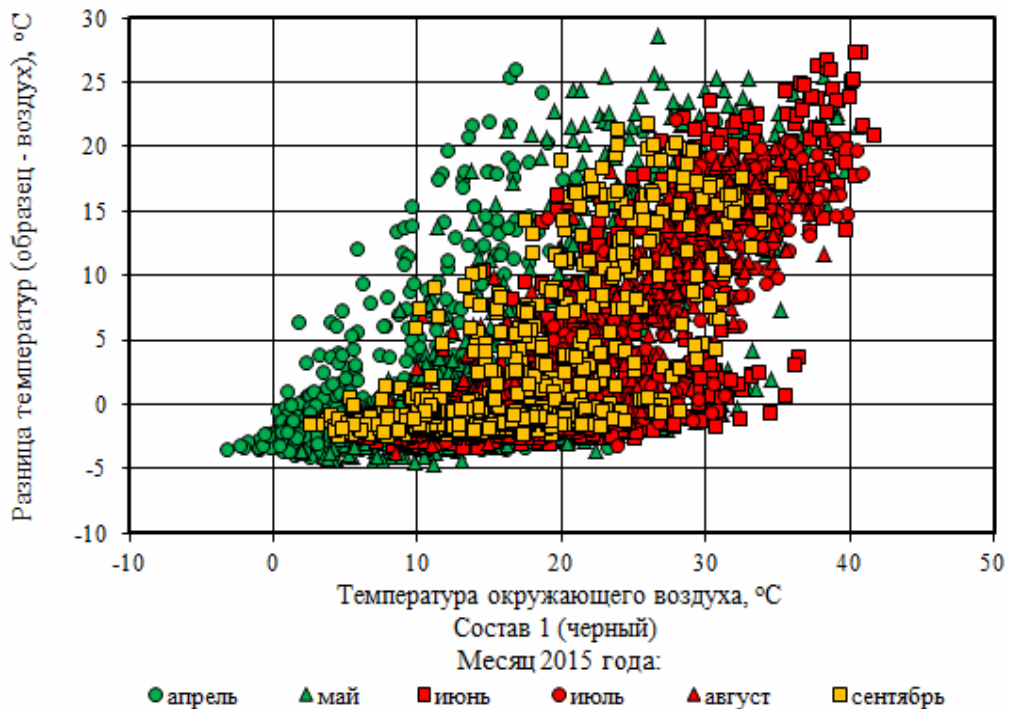


Рис. 2. Корреляционная зависимость между температурой окружающего воздуха и приростом температуры на поверхности образца (состав 1, черный) в зависимости от месяца натурального экспонирования

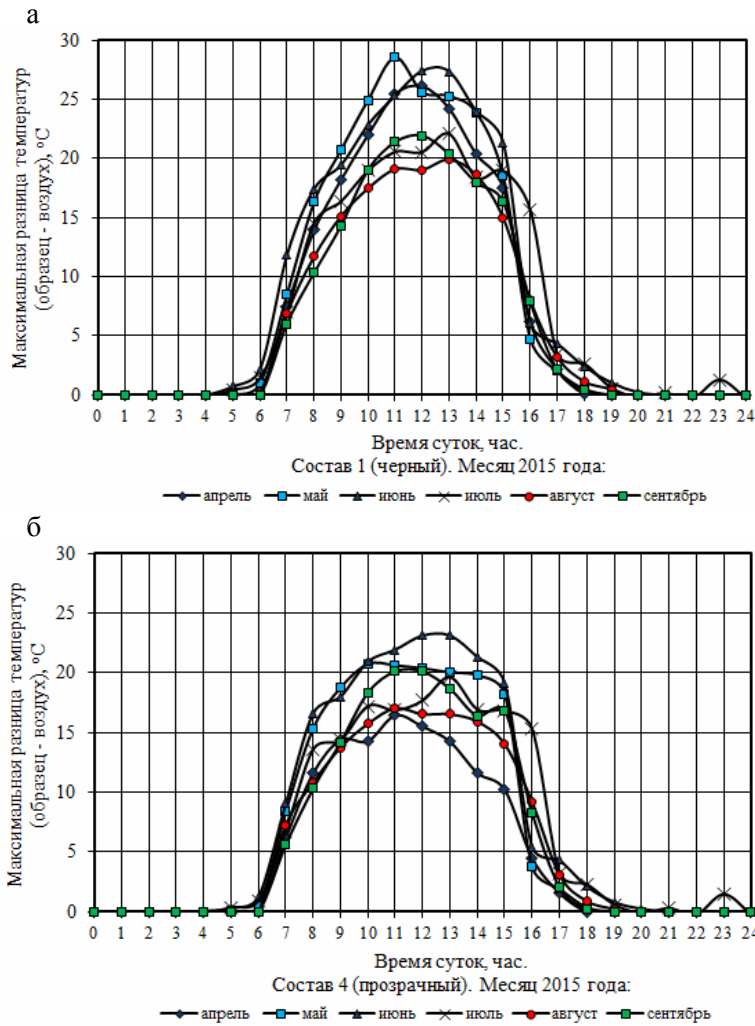


Рис. 3. Влияние времени суток на значения максимального перегрева поверхности полимерных композитов в зависимости от месяца экспонирования:
а – состав 1 (черный); б – состав 4 (прозрачный)

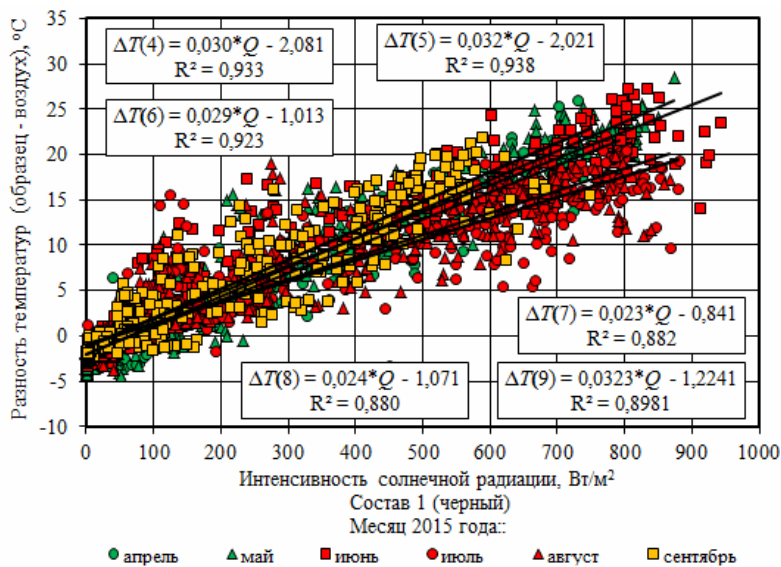


Рис. 4. Корреляционная зависимость между интенсивностью солнечной радиации и приростом температуры на поверхности образца (состав 1, черный) в зависимости от месяца натурального экспонирования

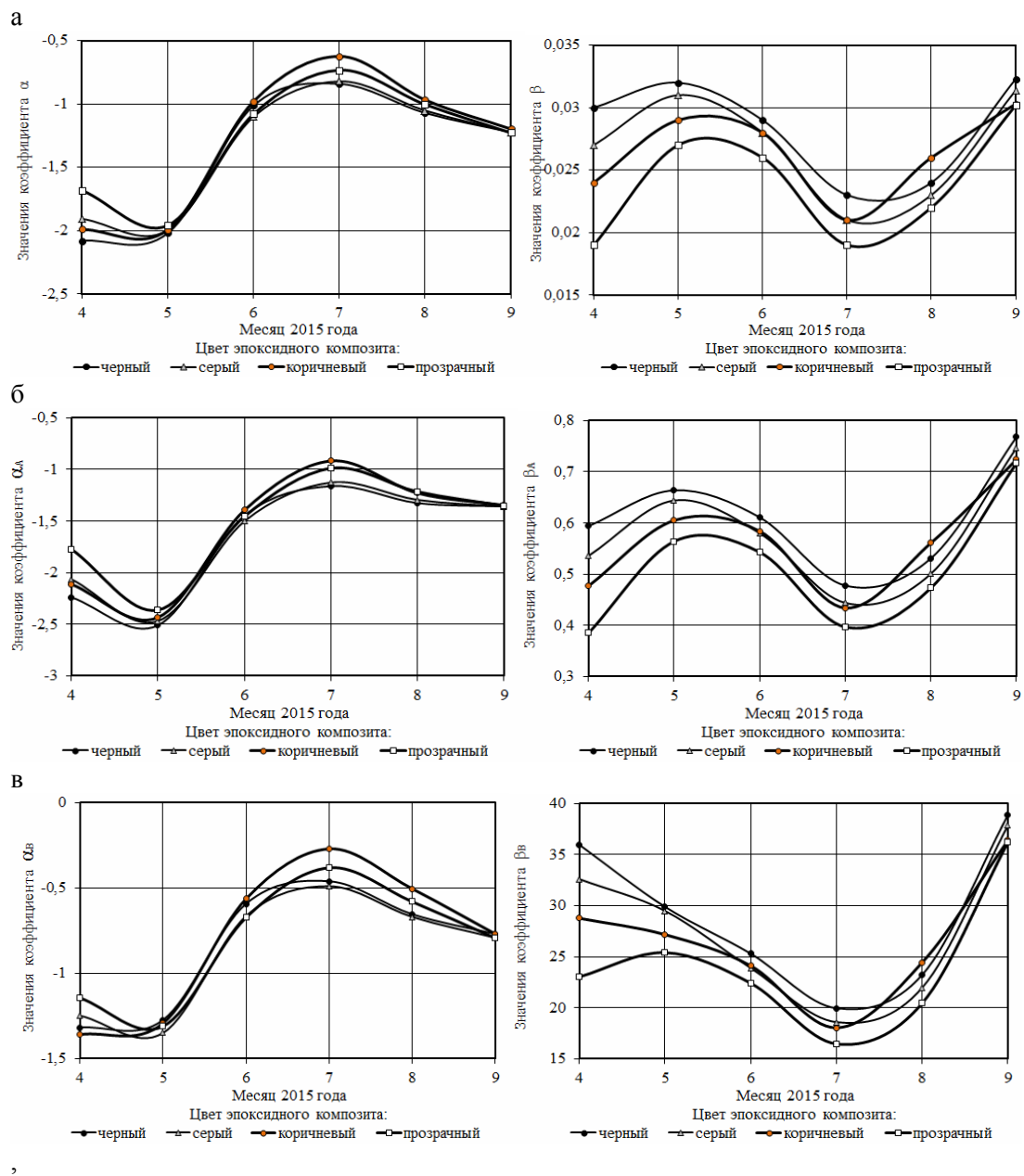


Рис. 5. Изменение коэффициентов уравнений (2) – (4) в зависимости от месяца 2015 года при оценке влияния:

а – интенсивности солнечной радиации; б – ультрафиолета диапазона A ;
в – ультрафиолета диапазона B

Анализ результатов проведенных исследований показал, что в процессе натуральных климатических испытаний происходит существенный перегрев поверхности образцов, особенно темных цветов, что осложняет условия эксплуатации подобных покрытий. Очевидно, что целесообразным при разработке составов защитных покрытий с повышенной стойкостью является использование менее окрашенных композитов.

Список литературы

1. Соломатов, В.И. Химическое сопротивление материалов / В.И. Соломатов, В.П. Селяев, Ю.А. Соколова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2001. – 384 с.
2. Хозин, В.Г. Усиление эпоксидных полимеров / В.Г. Хозин. – Казань: Дом печати, 2004. – 446 с.

3. Низина, Т.А. Защитно-декоративные покрытия на основе эпоксидных и акриловых связующих / Т.А. Низина. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – 258 с.
4. Павлов, И.Н. Старение пластмасс в естественных и искусственных условиях / И.Н. Павлов. – М.: Химия, 1982. – 220 с.
5. Результаты натурных испытаний полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных связующих / Д.Р. Низин, Д.А. Артамонов, А.Н. Чернов, Т.А. Низина // Огарёв-online. Раздел «Технические науки». 2014. – Спецвыпуск. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/rezultaty-naturnykh-ispytaniij-polimernykh-kompozicionnykh-materialov-na-osnove-ehpoksidnykh-svyazuuyushhikh>.
6. Исследование изменения цветовых характеристик модифицированных эпоксидных композитов, экспонированных в условиях морского климата / Т.А. Низина [и др.] // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций: материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 107–114.
7. Климатическая стойкость полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных связующих / Т.А. Низина, В.П. Селяев, Д.Р. Низин, Д.А. Артамонов // Региональная архитектура и строительство. – 2015. – №1. – С. 34–42.
8. Анализ влияния актинометрических параметров на интенсивность изменения цветовых характеристик эпоксидных композитов в условиях морского климата / Т.А. Низина [и др.] // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 5. – С. 95–101.
9. Старцев, В.О. Цветовой критерий климатического старения эпоксидного полимера / В.О. Старцев, Т.А. Низина, О.В. Старцев // Пластические массы. – 2015. – №7-8. – С. 45–48.
10. Моделирование влияния актинометрических параметров на изменение декоративных характеристик эпоксидных композитов, экспонированных в натуральных условиях / Т.А. Низина, В.П. Селяев, Д.Р. Низин, А.Н. Чернов // Региональная архитектура и строительство. – 2015. – №2. – С. 27–36.
11. Климатическое старение композиционных материалов авиационного назначения. III. Значимые факторы старения / Е.Н. Каблов, О.В. Старцев, А.С. Кротов, В.Н. Кириллов // Деформация и разрушение материалов. – 2011. – №1. – С. 34–40.
12. Зависимость температуры поверхности образцов от характеристик климата при экспозиции в натуральных условиях / О.В. Старцев, И.М. Медведев, А.С. Кротов, С.В. Панин // Коррозия: материалы, защита. – 2013. – № 7. – С. 43–47.
13. Низина, Т.А. Материальная база вуза как инновационный ресурс развития национального исследовательского университета / Т.А. Низина, В.П. Селяев // Долговечность строительных материалов, изделий и конструкций : материалы Всерос. науч.-техн. конф. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 115–121.

References

1. Solomatov, V.I. Chemical resistance of materials / V.I. Solomatov, V.P. Selyaev, Y.A. Sokolova. – 2nd ed., rev. and add. – М., 2001. – 384 p.
2. Khozin, V.G. Strengthening of epoxy polymers / V.G. Khozin. – Kazan: Publishing House, 2004. – 446 p.
3. Nizina, T.A. Protective and decorative coatings based on epoxy and acrylic resins / T.A. Nizina. – Saransk: Mordovian University Press, 2007. – 258 p.
4. The results of field tests of polymer composite materials based on epoxy resins / D.R. Nizin, D.A. Artamonov, A.N. Chernov, T.A. Nizina // Ogarev-online. Section «Engineering». 2014. – Special Issue. – Mode of access: <http://journal.mrsu.ru/arts/rezultaty-naturnykh-ispytaniij-polimernykh-kompozicionnykh-materialov-na-osnove-ehpoksidnykh-svyazuuyushhikh>
5. Pavlov, I.N. Plastics aging in natural and artificial conditions / I.N. Pavlov. – М.: Chemistry, 1982. – 220 p.
6. Investigation of the color characteristics changes of the modified epoxy composites exposed in marine climate / T.A. Nizina [and etc.] // Durability of building materials,

products and structures : materials of All-Russian scientific and engineering. conf., Saransk: Publishing house of Mordovia State University, 2014. – P. 107–114.

7. Climatic resistance of polymeric composite materials based on epoxy resins / T.A. Nizina, V.P. Selyaev, D.R. Nizin, D.A. Artamonov // Regional architecture and engineering. – 2015. – №1. – P. 34–42.

8. Analysis of the influence of actinometrical parameters on intensity of epoxy composites color characteristics change in marine climate / T.A. Nizina [and etc.] // Bulletin of Shukhov Belgorod State University named after V.G. Shukhov. – 2015. – № 5. – P. 95–101.

9. Startsev, V.O. Color criterion of epoxy resin climatic aging / V.O. Startsev, T.A. Nizina, O.V. Startsev // Plastics, 2015. – № 7-8. – P. 45–48.

10. Modeling of the impact of actinometrical parameters on epoxy composites decorative characteristics change exposed in field conditions / T.A. Nizina, V.P. Selyaev, D.R. Nizin, A.N. Chernov // Regional architecture and engineering. – 2015. – № 2. – P. 27–36.

11. Climatic aging of composite materials for aviation purposes. III. Significant factors of aging // E.N. Kablov, O.V. Startsev, A.S. Krotov, V.N. Kirillov // Deformation and destruction of materials. – 2011. – № 1. – P. 34–40.

12. Dependence of samples surface temperature on climatic characteristics at the exposure in natural conditions / O.V. Startsev, I.M. Medvedev, A.S. Krotov, S.V. Panin // Corrosion: materials, protection. – 2013. – № 7. – P. 43–47.

13. Nizina, T.A. Material base of a university as an innovative resource for the development of a national research university / T.A. Nizina, V.P. Selyaev // Durability of building materials, products and structures: materials of All-Russian scientific and engineering conf. – Saransk: Publishing house of Mordovian State University, 2014. – P. 115–121.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Садовникова Мария Анатольевна,
преподаватель кафедры «Управление
качеством и технология строительного
производства»
E-mail: adikaevka_01@mail.com

Жегера Кристина Владимировна,
аспирант кафедры «Управление качеством
и технология строительного производства»
E-mail: jegera@yandex.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Sadovnikova Maria Anatolevna,
lecturer of the department «Quality
management and construction technologies»
E-mail: adikaevka_01@mail.com

Zhegera Christina Vladimirovna,
Postgraduate of the department «Quality
management and construction technologies»
E-mail: jegera@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ В КАЧЕСТВЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ В РЕЦЕПТУРЕ ЦЕМЕНТНЫХ И ИЗВЕСТКОВЫХ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

М.А. Садовникова, К.В. Жегера

Приведены сведения о влиянии добавки на основе синтетических цеолитов на свойства цементных и известковых композитов. Установлены водоудерживающие свойства добавки на основе синтетических цеолитов. Описано влияние добавки на кинетику набора прочности цементных и известковых композитов.

Ключевые слова: минеральные вяжущие, синтетические цеолиты, реология, прочность

USE OF SYNTHETIC ZEOLITES AS MODIFIERS IN CEMENT AND LIME DRY MIXES

М.А. Sadovnikova, Ch.V. Zhegera

Data on the influence of additives on the basis of synthetic zeolite on the properties of cement and lime composites. Water-retaining properties additives based on synthetic zeolites are established. The effect of additives on the kinetics of curing cement and lime composites is investigated.

Keywords: mineral binders, synthetic zeolites, rheology, strength

Для повышения эксплуатационных характеристик покрытий на основе сухих строительных смесей в их рецептуру вводят различные модифицирующие добавки импортного производства. Это удорожает стоимость работ и делает зависимым производство сухих строительных смесей от зарубежных поставок. Ранее проводимые исследования показали возможность применения синтезированных наноструктурирующих добавок в цементных и известковых системах [1–4].

Было предложено использовать в сухих строительных смесях на цементной и известковой основе в качестве модифицирующей добавки синтетические цеолиты [5–7].

Технология приготовления цеолитов заключалась в их осаждении из раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$ добавлением силиката натрия с последующим высушиванием при температуре $110^\circ C$. Синтез осуществлялся в кислой среде. При разработке технологии приготовления добавки исследовалось влияние модуля жидкого стекла, pH раствора сульфата алюминия $Al_2(SO_4)_3$, количество введенного силиката натрия и pH фильтрата.

Установлено, что синтетические цеолиты характеризуются высокой активностью, составляющей более 350 мг/г. Удельная поверхность порошка, определенная методом БЭТ, составляет $S_{уд} = 86,5 \pm 3,5 \text{ м}^2/\text{г}$.

Химический состав полученного продукта представлен в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Результаты химического анализа элементов, присутствующих в полученной добавке, %

Содержание химических элементов в весовых %	O	Na	Al	Si	S
Максимальное	62,58	16,52	8,05	39,60	8,94
Минимальное	46,67	5,54	1,88	20,78	0,89

Анализируя данные табл.1, можно отметить высокое содержание химических элементов O, Si и Na, составляющее соответственно 46,47–61,58 %, 20,78–39,60 % и 5,54–16,52 %, что свидетельствует о преобладании оксидов соответствующих элементов.

Методом рентгенофазового анализа (РФА) установлено, что состав добавки представлен следующими минералами: тенардит Na_2SO_4 , гиббсит $\text{Al}(\text{OH})_3$, минералы группы цеолитов. Концентрация аморфной фазы, определенная полнопрофильным РФА, составляет 77,5 %.

В продолжение дальнейших исследований нами оценивалось влияние синтетических цеолитов на кинетику набора прочности цементных и известковых систем. В работе использовали Вольский портландцемент марки М400, известь-пушонку, синтетические цеолиты, метилцеллюлозу марки ФМС 2094.

Изучен характер изменения реологических свойств цементного и известкового теста. Результаты исследований приведены на рис. 1, 2.

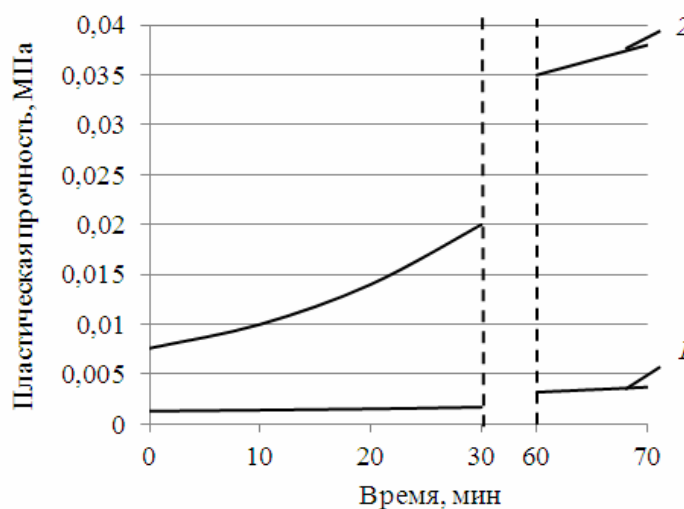


Рис.1. Изменение пластической прочности цементного теста:

1 – контрольный образец (без содержания синтетической добавки);

2 – с применением в рецептуре синтетической добавки (20 % от массы цемента)

Анализ пластограмм, представленных на рис. 1, свидетельствует, что добавка на основе синтетических цеолитов обладает структурообразующим действием.

Так, значение пластической прочности цементного теста (без применения синтетических цеолитов) в возрасте 20 мин с момента затворения составляет $\tau = 0,0015 \text{ МПа}$ (рис. 1, кривая 1). При введении в цементное тесто добавки на основе синтетических цеолитов в количестве 20 % от массы вяжущего пластическая прочность в возрасте 20 мин с момента затворения составляет $\tau = 0,014 \text{ МПа}$ (рис. 1, кривая 2).

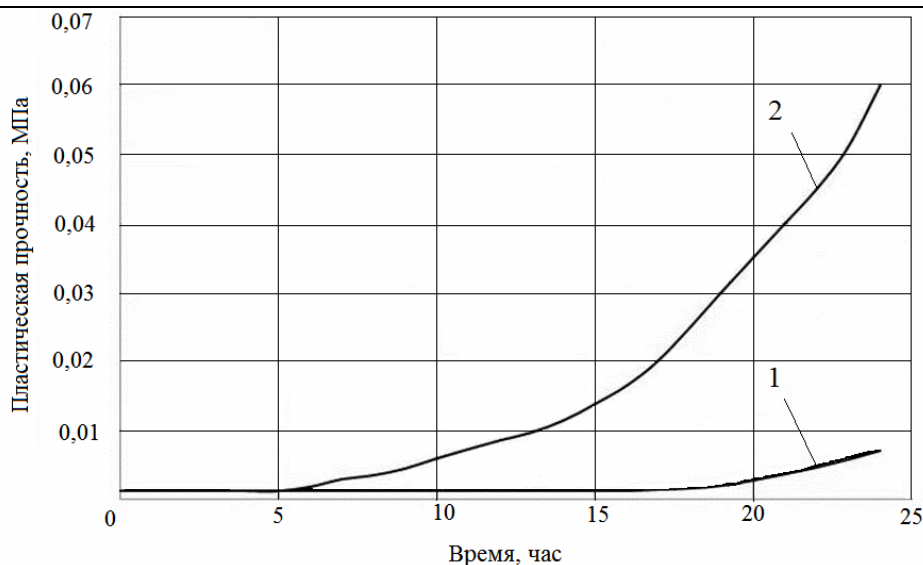


Рис.2. Изменение пластической прочности известкового теста:

1 – контрольный образец (без добавки); 2 – с применением в рецептуре добавки на основе синтетических цеолитов (10 % от массы извести)

Значение пластической прочности известкового теста (без применения синтетических цеолитов) в возрасте 20 часов с момента затворения составляет $\tau = 0,0035$ МПа (рис. 2, кривая 1), а при введении в известковое тесто добавки на основе синтетических цеолитов в количестве 10 % от массы вяжущего (рис. 2, кривая 2) $\tau = 0,0342$ МПа.

Добавка на основе синтетических цеолитов обладает значительным водоудерживающим эффектом. Так, у цементного камня без добавки влагосодержание на 20-е сутки (480 ч) твердения в воздушно-сухих условиях составило 1,2 % (рис. 3, кривая 1), а у цементного камня с добавкой в количестве 1 % – 30 % соответственно 3,89 % – 6,3 % (рис. 3, кривые 2–5).

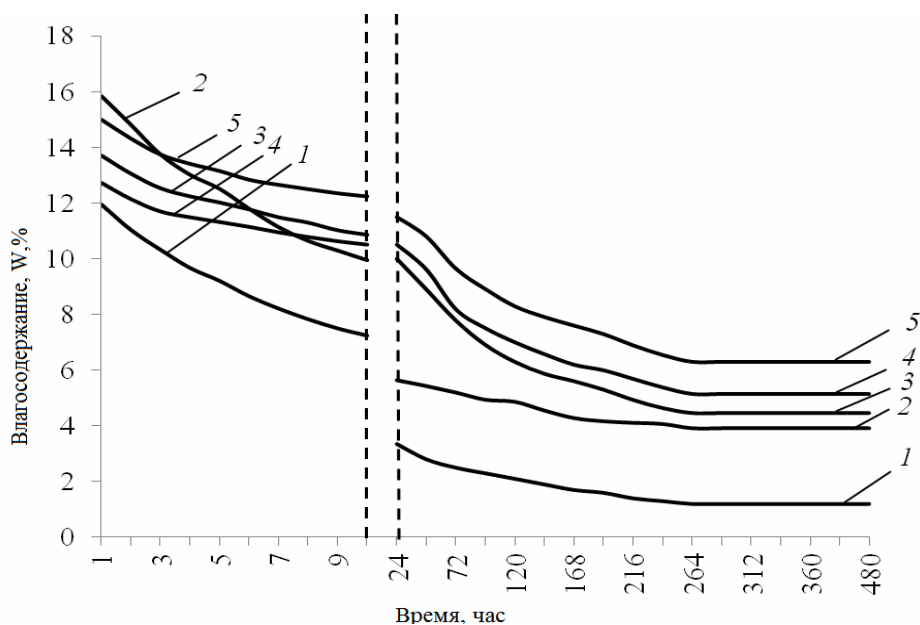


Рис. 3. Кинетика высыхания цементных образцов:

1 – контрольный образец (без содержания добавки); 2 – содержание добавки 1 % от массы цемента; 3 – содержание добавки 10 % от массы цемента; 4 – содержание добавки 20 % от массы цемента; 5 – содержание добавки 30 % от массы цемента

При исследовании водоудерживающей способности добавки для сравнения применяли метилцеллюлозу марки ФМС 2094.

В табл. 2 приведены данные влияния добавки на основе синтетических цеолитов и добавки метилцеллюлозы марки ФМС 2094 на водоудерживающую способность раствора на цементной и известковой основе. Составы изготавливались с водоцементным соотношением В/Ц = 0,7 и водоизвестковым отношением В/И = 1.

Т а б л и ц а 2

Влияние добавок на водоудерживающую способность смеси

Добавка	Содержание добавки, % от массы вяжущего	Водоудерживающая способность смеси на основе вяжущего, %	
		цемент	известь
-	-	93,3	94,7
Синтетические цеолиты	10	95,7	96,3
Синтетические цеолиты	20	96,6	97,5
Метилцеллюлоза	0,5	94,8	95,5
Метилцеллюлоза	1	95,9	96,4

Анализ данных табл.2 свидетельствует, что водоудерживающий эффект добавки на основе синтетического цеолита в количестве 10 % от массы вяжущего идентичен эффекту от введения 1 % метилцеллюлозы. Однако добавка на основе синтетического цеолита обладает, как уже упоминалось, значительным структурирующим действием.

На рис. 4, 5 представлены экспериментальные данные кинетики прочности цементных и известковых образцов при твердении в воздушно-сухих условиях.

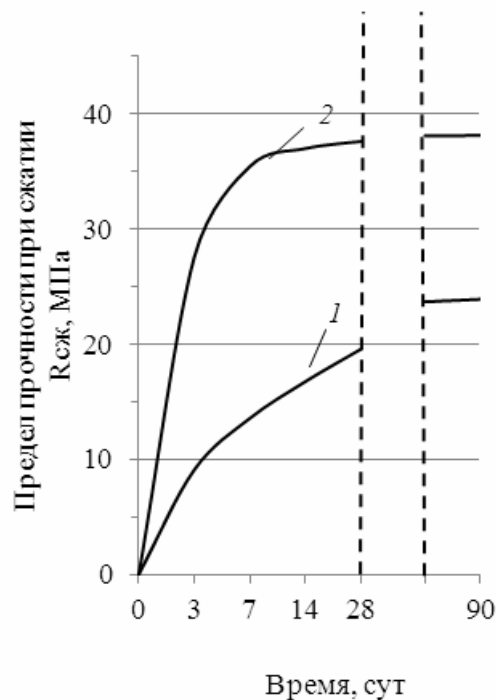


Рис. 4. Кинетика твердения цементных образцов в воздушно-сухих условиях:

1 – контрольный (без добавки); 2 – образец с добавкой в количестве 20 % от массы цемента

При твердении в воздушно-сухих условиях цементный и известковый композиты с применением в рецептуре синтетических цеолитов обладают большей прочностью при сжатии по сравнению с контрольными образцами. Так, у образца цементного камня с применением в рецептуре синтетической добавки прочность при сжатии в возрасте 90 суток составила 38,1 МПа, а у контрольного – 1,6 МПа. Аналогичные закономерности

характерны и для известкового композита. Повышение прочности, на наш взгляд, обусловлено химическим взаимодействием извести с добавкой с образованием гидросиликата кальция-натрия. Дополнительным подтверждением химического взаимодействия добавки с известью служат данные количества химически связанной извести. Установлено, что количество химически связанной извести в контрольных образцах (известь+вода) в возрасте 28 суток воздушно-сухого твердения составляет 46,5 %, а с применением добавки на основе синтетического цеолита – 55,28 %.

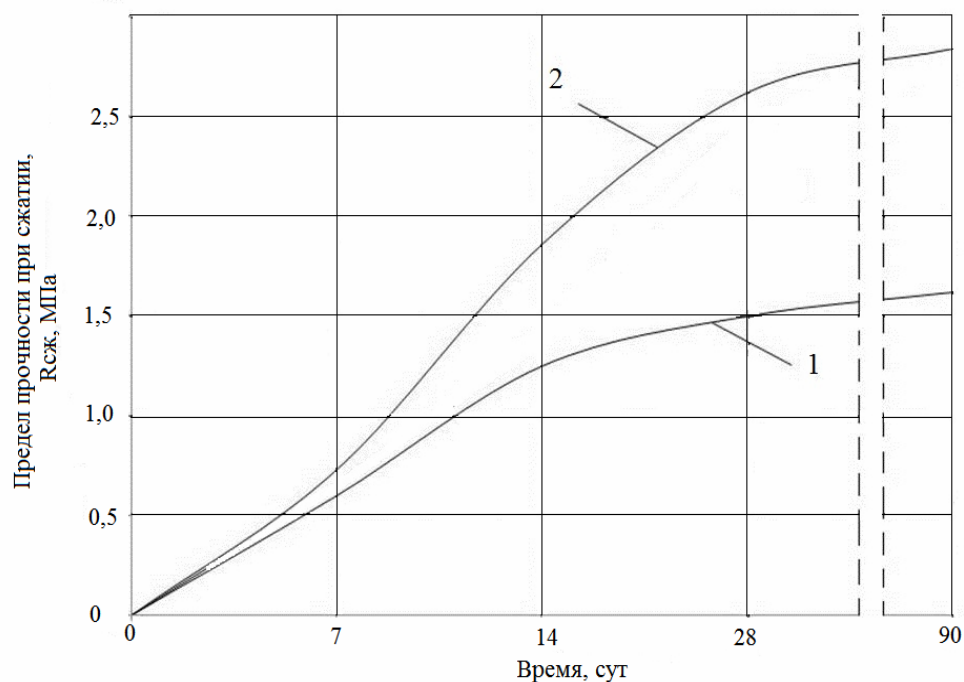


Рис. 5. Кинетика твердения известковых образцов в воздушно-сухих условиях:
1 – контрольный (без добавки); 2 – образец с добавкой в количестве 10 % от массы извести

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о целесообразности и эффективности применения синтетических цеолитов в цементных и известковых композитах в качестве структурообразующей и водоудерживающей добавки.

Список литературы

1. Перспективы изготовления органоминеральной добавки на основе отечественного сырья / В.И. Логанина, Н.А. Петухова, В.Н. Горбунов, Т.Н. Дмитриева // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 9. – С. 36–39.
2. Повышение водостойкости покрытий на основе известковых отделочных составов / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, С.Н. Кислицына, К.А. Сергеева // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2012. – № 1. – С. 41–46.
3. Свойства синтетических нанотубулярных гидросиликатов / В.В. Строкова, А.И. Везенцев, Д.А. Колесников, М.С. Шиманская // Вестник БГТУ им. Шухова. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – № 4. – С. 30–34.
4. Vyacheslavov, A. Iron-containing nanocomposite based on mesoporous aluminosilicates / A. Vyacheslavov, A. Eliseev, I. Kolesnik // Progress in Solid State Chemistry. – 2005. – Vol. 33, №. 2-4. – P. 171–178.
5. Оптимизация состава композитов общестроительного назначения, модифицированных наноразмерными добавками / В.И. Логанина, Л.В. Макарова, Р.В. Тарасов, О.А. Давыдова // Региональная архитектура и строительство. – 2010. – № 2. – С. 53–57.
6. Zeolites and Related Materials: Trends Targets and Challenges (SET), 174 Antoine Gedeon. – 2010. – P. 1442.

7. Известковые отделочные составы с применением синтезированных алюмосиликатов / В.И. Логанина, С.Н. Кислицына, И.В. Жерновский, М.А. Садовникова // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2014. – № 2. – С. 55–57.

References

1. Prospects for manufacture of organic – based additives on domestic raw materials / V.I. Loganina, N.A. Petukhov, V.N. Gorbunov, T.N. Dmitrieva // Proceedings of the higher educational institutions. Building. – 2009. – № 9. – P. 36–39.
2. Improving water resistance of coatings based on lime finishing compositions / V.I. Loganina, L.V. Makarova, S.N. Kislitsyna, K.A. Sergeeva // Proceedings of higher educational institutions. Stroitelstvo. – 2012. – № 1. – P.41–46.
3. Properties of synthetic nanotubular hydrosilicates / V.V. Strokova, A.I. Vezentsev, D.A. Kolesnikov, M.S. Shimanskaya // Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. – Belgorod Univ BGTU, 2010. – № 4. – P. 30–34.
4. Vyacheslavov, A. Iron-containing nanocomposite based on mesoporous aluminosilicates / A. Vyacheslavov, A. Eliseev, I. Kolesnik // Progress in Solid State Chemistry. – 2005. – Vol. 33, № 2–4. – P. 1–178.
5. Optimization of composites for general purpose, modified nanoscale additives / V.I. Loganina, L.V. Makarova, R.V. Tarasov, O.A. Davydova // Regional architecture and engineering. – 2010. – № 2. – P. 53–57.
6. Zeolites and Related Materials: Trends and Challenges Targets (SET), Antoine Gedeon 174. – 2010. – P. 1442.
7. Lime finishing compositions with synthetic aluminum silicates / V.I. Loganina, S.N. Kislitsyna, I.V. Zhernovsky, M.A. Sadovnikov // Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shuhova. – 2014. – № 2. – P. 55–57.

УДК 691.175

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Кочеткова Майя Владимировна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Управление качеством
и технология строительного производства»
E-mail: M.V.Kochetkova@mail.ru

Шеглова Анна Сергеевна,
студентка

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Kochetkova Maya Vladimirovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of
the department «Quality management and
technology of building production»
E-mail: M.V.Kochetkova@mail.ru

Shcheglova Anna Sergeevna,
student

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ПЕНОБЕТОНА НА ЕГО СЦЕПЛЕНИЕ С ПЕНОПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫМ РАСТВОРОМ

М.В. Кочеткова, А.С. Шеглова

Приведены результаты испытания прочности сцепления пенополимерцементного раствора с пенобетоном с различной фактурой поверхности.

Ключевые слова: поверхность реза после волочения струны (драконов зуб), поверхность реза виброструной, рез в местах примыкающей опалубки, обработка поверхности фрезерованием, смачивание поверхности пенобетона после резания различными компонентами, формирование полимерных пленок в зоне контакта

INFLUENCE OF FOAM CONCRETE SURFACE STRUCTURE ON ITS ADHESION WITH POLYMERCEMENT MORTAR

M. V. Kochetkova, A.S. Shcheglova

The results of testing the adhesion of polymercement mortar with different textures foam concrete surface.

Keywords: cutting surface after drawing strings (dragon tooth) surface vibrostring cut, cut in the ground adjacent form workmilling surface treatment, wetting of the foam surface after cutting the various components forming the polymer films in the contact zone

В производственных условиях возникает необходимость нанесения защитно-отделочного покрытия на пенобетон, поверхность которого образовалась при тех или иных условиях. Наиболее вероятными из них могут быть поверхности, полученные при резке сырца струной с волочением («драконов зуб»), при резке сырцов с возвратно-поступательным или вращательным движением струны (вibrорез), при срезании горбуши ножом, при примыкании к опалубке, после фрезерования. В наших опытах кубы из пенобетона с разными видами поверхности были покрыты пенополимерцементным раствором с П:Ц=1,10.

Прочность сцепления раствора после 14-суточного воздушно-сухого хранения и 35 циклов замораживания и оттаивания, определенная по ранее принятой методике, приведена в табл. 1.

Как видно из таблицы, прочность сцепления со всеми видами поверхности хорошая. Она превышает прочность самого пенобетона (до 7 МПа). При испытании на морозостойкость плохое сцепление наблюдается с поверхностью, полученной при доавтоклавной резке струной с возвратно-поступательным движением. В результате дезаэрации и тиксотропного разжижения пенобетонной массы в месте прохождения

струны на поверхности пенобетона образуется гладкая плотная корочка толщиной 0,5–1 мм. Очевидно, при контакте с полимерцементным раствором эта корочка, имеющая повышенную плотность и сильно измельченные поры размерами до 70 микрон, становится малопроницаемой для воды и полимера. При замораживании водонасыщенного образца под воздействием температурного градиента мигрирующая к поверхности образца влага скапливается под фактурным слоем и при замерзании создает избыточное давление, которое может привести к его отслоению.

Т а б л и ц а 1

Поверхность пенобетона	Прочность сцепления $R_{сдв}$, МПа	
	после 14-суточного воздушно-сухого хранения	после испытания на морозостойкость
Драконов зуб	10,5	7,5
Виброрез	9,6	10,1
После срезки горбуши	12,8	6,8
При примыкании к опалубке	10,2	5,9
После фрезерования	10,41	6,5

Во всех остальных случаях, хотя прочность при замораживании и оттаивании понижается, сцепление раствора с пенобетоном можно считать вполне удовлетворительным. Чаще всего при изготовлении образцов нами использовались поверхности, имеющие фактуру под «драконов зуб». Можно положительно свидетельствовать об их пригодности к отделке пенополимерцементными составами при условии обеспыливания и оптимального увлажнения.

В процессе исследования было изучено также влияние смачивания поверхности пенобетона на его сцепление с пенополимерцементным раствором.

При нанесении даже пластичного пенополимерцементного раствора на пыльную сухую поверхность пенобетона трудно добиться их хорошего склеивания. Так или иначе, приходится смочить поверхность бетона влагой, после чего раствор можно нанести на пенобетон. Поэтому нами априори была признана необходимость обеспыливания и смачивания поверхности пенобетона. При этом надо полагать, что вода или сильно разжиженная дисперсия полимера могут проникнуть в капиллярные ходы пенобетона глубже, чем концентрированная дисперсия. Но заполнившая капиллярные поры вода не способствует глубокому прониканию глобул полимера из полимерцементного раствора, что отрицательно сказывается на прочности сцепления. При смачивании поверхности пенобетона дисперсией с большим содержанием полимера в капиллярные поры поверхности быстро проникают частицы полимера, закрывая их, что также снижает возможность хорошего сцепления. Поэтому необходимо найти оптимальную концентрацию дисперсии полимера, пригодную для смачивания по месту склеивания с пенобетоном.

В исследованиях изучалось влияние смачивания поверхности пенобетона: водой, латексом, латексом, разбавленным водой 1:10, и латексом, разбавленным водой 1:5, с содержанием сухого остатка 4,9 %.

Кроме того, прочность сцепления и морозостойкость двухслойных образцов проверяли при набрызге на пенобетон после его увлажнения водой жидкого полимерцементного раствора с П:Ц=0,10 слоем 2–4 мм и такого же раствора с П:Ц=0,20.

Прочность сцепления пенополимерцементного раствора с П:Ц=0,10 после 14-суточного воздушно-сухого хранения и 35 циклов замораживания и оттаивания весьма достаточная (табл.2).

Прочность сцепления во всех случаях увлажнения пенобетона, кроме испытаний с набрызгом, вполне удовлетворительная. Однако, как и следовало предполагать, при смачивании бетона неразбавленным латексом образуется значительная пленка чистого эластомера, что приводит к концентрации напряжений на границе материалов с различными свойствами, и разрушение происходит по поверхности сцепления. Не

выдерживают эти образцы и испытания на морозостойкость по вышеописанной причине. Через 30, 25 и даже 15 циклов замораживания и оттаивания происходит отслоение по поверхности сцепления, причем на поверхности пенобетона или раствора остается пленка полимера. При смачивании пенобетона водой пленки в граничном слое не образуется, но из-за малого проникания полимера в поры пенобетона прочность сцепления снижается.

Т а б л и ц а 2

Вид смачивания пенобетона	Прочность сцепления $R_{сдв}$, МПа	
	после 14-суточного воздушно-сухого хранения	после испытания на морозостойкость
Вода	7,5	–
Латекс – вода 1:10	8,7	5,9
Латекс – вода 1:5	9,4	6,6
Латекс	8,7	–
Набрызг при П:С=0,10	3,4	0,5
Набрызг при П:С=0,20	4,1	1,8

Удовлетворительную морозостойкость показали образцы, смоченные слабоконцентрированным латексом. Образцы с набрызгом хотя и показали малую начальную прочность, но не расслоились в течение 35 циклов замораживания и оттаивания.

На основании проделанных опытов можно полагать, что при нанесении пенополимерцементного раствора на пенобетон в граничном слое образуется пленка из полимера, в значительной степени влияющая на прочность сцепления, морозостойкость, паропроницаемость и водонепроницаемость защитно-отделочного покрытия. Ее толщина зависит от концентрации дисперсии полимера, применяемой для увлажнения пенобетона, и от отношения П:Ц пенополимерцементного раствора. При концентрации дисперсии менее 1:5 и при П:Ц менее 0,15–0,10 пленка не образуется, а полимер внедряется в поры пенобетона, образуя уплотненный слой. Этот слой в достаточной мере паропроницаем.

На поперечном разрезе двухслойного образца с пенополимерцементным раствором (П:Ц=0,10) можно визуально наблюдать уплотненный полимером более светлый слой пенобетона толщиной 1,5–2 мм. Пигменты через этот слой в пенобетон не проходят.

Список литературы

1. Кочеткова, М.В. Предпосылки к выбору оптимальных композиций пенополимерцементных составов для защитно-отделочных покрытий стен из пенобетона / М.В. Кочеткова, Н.И. Гусев, Е.С. Аленкина // Современная техника и технологии. – 2014. – №12 (40). – С. 36–39.
2. Кочеткова, М.В. Исследование декоративных свойств поризованных растворов на атмосферные воздействия / М.В. Кочеткова, Н.И. Гусев, Е.С. Аленкина // Современная техника и технологии. – 2014. – №12 (40). – С. 115–118.
3. Гусев, Н.И. Прочностные показатели полимерцементных композитов для наружного покрытия стен из пенобетона / Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова, К.С. Паршина // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №4. – С. 36–40.
4. Гусев, Н.И. Прочность сцепления пенополимерцементных растворов с пенобетонными наружными стенами отапливаемых зданий / Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова, К.С. Паршина // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №4. – С. 52–57.
5. Гусев, Н.И. Методика исследований физико-механических свойств пенополимерцементных растворов для защиты наружных стен из пенобетона / Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова, А.С. Щеглова // Современная техника и технологии. – 2014. – №12(40). – С. 36–40.
6. Гусев, Н.И. Выполнение строительных процессов с применением растворов и бетонов / Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова, Е.С. Аленкина // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – № 5–1 (37). – С. 20.

7. Гусев, Н.И. Пенoполимерцементные композиты на защите легкoбетонных стен от воздействия окружающей среды / Н.И. Гусев, А.С. Щеглова // Современная техника и технологии. – 2014. – №11(39). – С. 97–99.

References

1. Kochetkova, M.V. Background to the selection of optimum compositions penopolimercement compositions for protective and decorative coatings of foam wall / M.V. Kochetkova, N.I. Gusev, E.S. Alenkina // Modern techniques and technology. – 2014. – №12 (40). – P. 36–39.
2. Kochetkova, M.V. Study decorative properties of porous mortars on weathering / M.V. Kochetkova, N.I. Gusev, E.S. Alenkina // Modern techniques and technology. – 2014. – №12 (40). – P. 115–118.
3. Gusev, N.I. Strength performance polymer-matrix composites for exterior wall foam covering / N.I. Gusev, M.V. Kochetkova, K.S. Parshina // Regional architecture and engineering. – 2014. – №4. – P. 36–40.
4. Gusev, N.I. Bond strength penopolimercement mortars with foam concrete exterior walls of heated buildings / N.I. Gusev, M.V. Kochetkova, K.S. Parshina // Regional architecture and engineering. – 2014. – №4. – P. 52–56.
5. Gusev, N.I. Research methods of physical and mechanical properties of of penopolimercement mortars to protect the outer walls from foam / N.I. Gusev, M.V. Kochetkova, A.S. Shcheglova // Modern techniques and technology. – 2014. – №12 (40). – P. 36–40.
6. Gusev, N.I. Execution of construction processes using mortars and concretes / N.I. Gusev, M.V. Kochetkova, E.S. Alenkina // Modern scientific research and innovation. – 2014. – № 5-1 (37). – P. 20.
7. Gusev, N.I. Penopolimercement composites to protect the light concrete walls from the environment / N.I. Gusev, A.S. Shcheglova // Modern techniques and technology. – 2014. – №11 (39). – P. 97–99.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

BUILDING STRUCTURES, BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

УДК 691.328.1

*Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарева*

Россия, 430000, г. Саранск,
ул. Большевистская, д. 68,
тел.: (8342)47-71-56; факс: (8342)47-71-56

Селяев Владимир Павлович,
академик РААСН, доктор технических
наук, профессор, зав. кафедрой
«Строительные конструкции»
E-mail: ntorm80@mail.ru

Осипов Анатолий Константинович,
кандидат химических наук, зав. кафедрой
«Аналитическая химия», профессор
E-mail: ntorm80@mail.ru

Селяев Павел Владимирович,
кандидат технических наук, доцент
E-mail: ntorm80@mail.ru

*Mordovian State University
named after N.P. Ogarev*

Russia, 430000, Saransk, 68,
Bolshevistskaya St.,
tel.: +7(8342)47-71-56; fax: +7(8342)47-71-56

Seljaev Vladimir Pavlovich,
Academician of the Russian Academy of
Architectural and Construction Sciences, Doctor
of Sciences, Professor, Head of the department
«Building structures»
E-mail: ntorm80@mail.ru

Osipov Anatoly Konstantinovich,
Candidat of Chemistry Science, Head of the
department «Analytical chemistry», Professor
E-mail: ntorm80@mail.ru

Seljaev Pavel Vladimirovich,
Candidat of Sciences, Associate Professor
E-mail: ntorm80@mail.ru

ОБРАЗОВАНИЕ ПРОДОЛЬНЫХ ТРЕЩИН В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ В УСЛОВИЯХ ХЛОРИДНОЙ КОРРОЗИИ АРМАТУРЫ

В.П. Селяев, А.К. Осипов, П.В. Селяев.

Предложена модель образования и развития продольных трещин в бетоне от коррозии арматуры под действием агрессивных сред. Установлено, что с увеличением соотношения a/d уменьшается вероятность образования продольных трещин. Показана возможность расчета толщины защитного слоя, при которой вероятность появления продольных трещин будет ничтожно мала.

Ключевые слова: агрессивные среды, ионы хлора, арматура, коррозионную стойкость, глубинный показатель

FORMATION OF LONGITUDINAL CRACKS IN CONCRETE STRUCTURES WHEN USED IN THE CHLORIDE CORROSION OF REINFORCEMENT

V.P. Selyaev, A.K. Osipov, P.V. Selyaev

The paper proposes a model for the formation and development of longitudinal cracks in concrete reinforcement corrosion under the influence of aggressive environment; It is found that the increase in the ratio a/d reduced the probability of longitudinal cracks; the possibility to calculate the thickness of the protective layer, in which the probability of occurrence of longitudinal cracks will be negligible.

Keywords: aggressive environment, chloride ions, reinforcement, corrosion resistance, depth indicator

Старение основных фондов, сооружений является одной из важнейших проблем современности.

Значительная доля расходов, связанных с проведением антикоррозионных мероприятий, модернизацией и ремонтом, приходится на железобетонные конструкции. Суммарные прямые и косвенные расходы на ликвидацию последствий коррозии составляют до 4 % от валового национального продукта. По отношению к железобетону наиболее агрессивными составляющими среды являются сульфат- и хлорид-ионы. Установлено, что содержание в бетоне хлорид-ионов больше критического уровня (0,2-0,6 % от массы цемента) вызывает коррозию арматурной стали и как следствие, растрескивание, отколы защитного слоя бетона.

Коррозия бетона и стальной арматуры в условиях действия агрессивных сред, содержащих ионы хлора, рассматривалась в работах С.Н. Алексеева, В.Б. Ратинова, В.И. Новгородского, В.П. Селяева, Ф.М. Иванова [1–5]. Предложены различные модели разрушения бетона по мере накопления продуктов коррозии арматуры, которые основаны на применении решения задачи Ляме-Гадолина. Рассматривается арматурный стержень, который встроен в бетонную призму и объем которого в процессе коррозии увеличивается, создается внутреннее давление и происходит разрыв бетона.

Модели, предложенные Лю-Вейером (1998), Кабрера (1996), Манияма (1989), основаны на проверке предельного условия $V_p \leq V_{crs}$, согласно которому образование трещины произойдет, если объем ржавчины V_p превысит критический объем V_{crs} , который соответствует появлению в бетоне предельных растягивающих напряжений.

Предельное условие появления трещины в модели Савицкого – Ставской сведено к анализу модели Ляме и сравнению суммарных усилий растяжения в защитном бетонном цилиндре с усилием, которое способен принять бетон цилиндра.

Приведенные модели дают качественную оценку процессу образования продольных трещин и не отражают действительную работу арматурных стержней в массиве бетона конструкции.

Размеры (диаметр d) арматурного стержня, как правило, на порядок меньше размера (a) поперечного сечения железобетонного элемента. Если принять коэффициент армирования равным 1 % ($A_s/A=0,01$), то соотношение d/a будет значительно меньше 0,1.

Предлагаем модель разрушения (образования продольных трещин) бетона под действием продуктов коррозии арматуры формировать исходя из следующих принципов:

- образование продольных трещин в защитном слое бетона в процессе коррозии арматурной стали происходит вследствие: накопления на поверхности контакта арматуры с бетоном ржавчины, объем которой в 3-6 раз превосходит объем исходного материала (железа); появления радиального давления на бетон и растягивающих напряжений в защитном слое;
- армированный бетон будем представлять в виде полубесконечной плоскости, в пределах которой на расстоянии a_1 от прямолинейной границы расположена арматура, представленная диском диаметром d ;

- продольные трещины на поверхности прямолинейной границы образуются в том случае, если максимальные растягивающие напряжения на внешней границе полубесконечной плоскости достигнут величины, равной расчетному сопротивлению бетона и арматуры;

- в железобетонном элементе диаметр арматурного стержня значительно меньше характерного размера (a) поперечного сечения элемента, поэтому образование продольных трещин могут инициировать только те стержни, которые расположены на критическом расстоянии $a_{кр}$ от прямолинейной границы поверхности.

Рассмотрим пластину единичной толщины из бетона, в которой на расстоянии a_s от внешней границы расположен диск из металла диаметром d . Под действием ионов хлора развивается коррозия металла, которая поражает металл на глубину Δ (рис. 1).

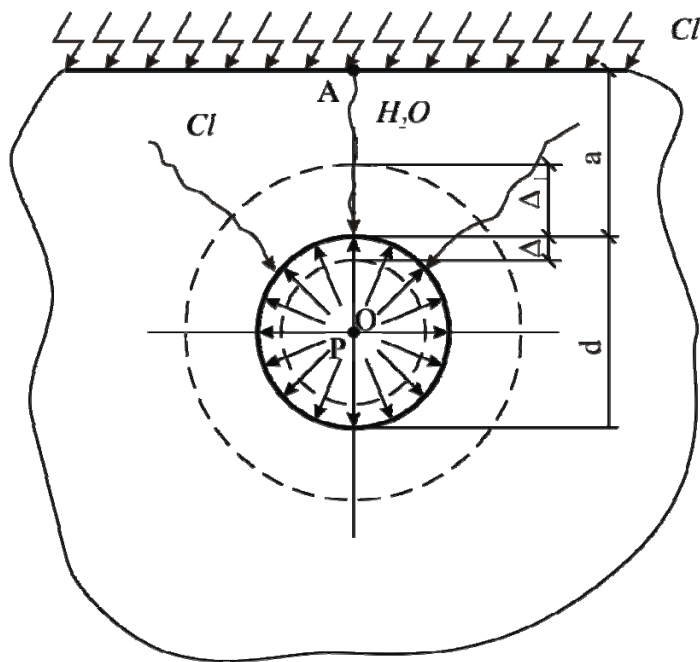


Рис. 1. Расчетная модель арматурного стержня в массиве бетона, подверженного действию ионов хлора:

d – диаметр арматурного стержня; a – толщина защитного слоя; Δ – глубинный показатель коррозии; Δ_1 – виртуальное приращение диаметра арматуры с учетом продуктов коррозии; P – внутреннее давление продуктов коррозии на бетон

В пораженном слое металла толщиной Δ ионы хлора, взаимодействуя с ионами железа, образуют продукты коррозии – хлоридное железо и гидратокись железа. Первое соединение растворяется и вымывается водой, второе накапливается на поверхности контакта арматуры с бетоном. Объем продуктов коррозии V_{01} можно определить из простого выражения

$$V_{01} = V_0 \left(\frac{\Delta}{d} - \frac{\Delta^2}{d^2} \right) 4 \frac{m_1}{m_0};$$

$$\frac{V_{01}}{V_0} = 4 \left(\frac{\Delta}{d} - \frac{\Delta^2}{d^2} \right) = w_0, \tag{1}$$

где m_1/m_2 – отношение молекулярной массы продуктов коррозии к молекулярной массе железа; V_0 – объем арматурного диска до коррозии, $V_0 = A_s \delta$; $A_s = \pi d^2 / 4$; $\delta = 1$.

В процессе хлоридной коррозии образуются гидраты окиси железа $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и $\text{Fe}(\text{OH})_3$, которые могут и дальше преобразовываться до гидратированных окислов $\text{Fe}_2\text{O}_3 \times n\text{H}_2\text{O}$.

Если принять, что продуктом коррозии является гидратированный окисел железа, то соотношение m_1/m_2 будет равно приблизительно трем. Так как объем продуктов коррозии в три раза превышает объем исходного материала, то можно предположить, что в свободном состоянии диаметр арматурного стержня увеличится на величину 2Δ . Тогда объем образовавшихся продуктов коррозии можно определить по формуле

$$V_1 = \frac{\pi d^2}{4} \left(\frac{\Delta_1}{d} + \frac{\Delta_1^2}{d^2} \right) 4. \quad (2)$$

Учитывая, что $V_{01}=V_1$, получаем уравнение, решение которого даст возможность определить приращение диаметра арматурного стержня за счет продуктов коррозии:

$$\frac{\Delta_1}{d} + \frac{\Delta_1^2}{d^2} = \left(\frac{\Delta}{d} + \frac{\Delta^2}{d^2} \right) \frac{m_1}{m_0}. \quad (3)$$

Из решения уравнения (3) находим Δ_1 :

$$\Delta_1 = d \left(\sqrt{0,25 + w_1} - 0,5 \right), \quad (4)$$

где w_1 – относительный объем стали, преобразованный в продукт коррозии;

$$w_1 = \left(\frac{\Delta}{d} - \frac{\Delta^2}{d^2} \right) \frac{m_1}{m_0}.$$

Следует отметить, что в эмпирической модели Кабрера увеличение диаметра арматуры Δ_1^k вследствие коррозии предлагается определять по формуле, структура которой близка к структуре формулы (5), что свидетельствует об адекватности теоретической модели эмпирической.

Формула Кабрера

$$\Delta_1^k = d \left[\sqrt{1 + 4 \frac{W_{II}}{\rho d}} - 1 \right] 0,5, \quad (5)$$

где W_{II} – потеря стали, $\text{г}/\text{см}^2$; ρ – плотность продуктов коррозии, $\text{г}/\text{см}^3$; d – диаметр арматуры, см.

Арматура в массиве бетона корродирует в стесненных условиях. Предполагаем, что продукты коррозии толщиной Δ_1 сжимаются и весь объем продуктов ржавчины прессуется до объема слоя толщиной Δ . Тогда величину контактного давления P_k можно определить, рассматривая задачу о прессовой посадке деталей [6]. По аналогии принимаем: Δ_1 – натяг, d – диаметр посадочной поверхности, $d_1=d+2\Delta_1$; $d_2=d-2\Delta$; $k_1=d_1/d$; $k_2=d_2/d$; E_1 , E_2 , ν_1 , ν_2 – модули упругости и коэффициенты Пуассона соответственно для продуктов коррозии и стали.

Величина контактного давления в этом случае определяется по формуле

$$P_k = \frac{\frac{2\Delta_1}{d}}{\frac{1}{E_1} \left(\frac{1+k_1^2}{1-k_1^2} - \nu_1 \right) + \frac{1}{E_2} \left(\frac{1+k_2^2}{1-k_2^2} + \nu_2 \right)}. \quad (6)$$

В данном случае контактное давление будет равно внутреннему давлению продуктов коррозии на бетон $P_k=P$.

Формулу (6) можно получить из анализа модели в виде толстостенного цилиндра, нагруженного внешним давлением. Если принять, что радиальные перемещения $u_r = \Delta_1$, $E_2 \gg E_1$ и $\frac{1+k_1^2}{1-k_1^2} \approx 1$, то формулу (6) можно записать в виде:

$$P = \frac{2\Delta_1 E_1}{d(1-\nu_1)}. \quad (7)$$

Под действием давления P , создаваемого продуктами коррозии арматуры, в массиве бетона возникают растягивающие напряжения σ_{bt} , которые будут иметь максимальные значения в точке A на прямолинейной границе полубесконечной плоскости (Савин Г.Н. Концентрация напряжений около отверстий. М.: Гостехиздат, 1951).

Напряжения в точке A , по Г.Н. Савину, будут равны:

$$\sigma_{bt} = 4P \frac{r^2}{(a+r)^2 - r^2}, \quad (8)$$

где $r = d/2$.

С учетом формул (7), (4), определяющих P и Δ_1 , получаем:

$$\sigma_{bt} = \frac{8E_1}{(1-\nu_1)} \frac{\left[\sqrt{0,25 + \left(\frac{\Delta}{d} - \frac{\Delta^2}{d^2} \right) \frac{m_1}{m_0}} - 0,5 \right]}{\left(2 \frac{a}{d} + 1 \right)^2 - 1} \quad (9)$$

Условие образования трещин можно записать в виде неравенства:

$$\sigma_{bt} \leq R_{bt} D(t), \quad (10)$$

где $D(t)$ – деградационная функция.

Авторами было установлено, что в условиях хлоридной коррозии глубина повреждения Δ арматурного стержня определяется по формуле

$$\Delta = 0,018t^{1,23}, \text{ мкм}, \quad (11)$$

где t – длительность действия среды в часах; Δ – глубина повреждения арматурного стержня в микронах (Селяев В.П., Осипов А.К., Селяев П.В. Химическое сопротивление арматурной стали водным растворам, содержащим ионы хлора // Региональная архитектура и строительство. Пенза: ПГУАС, 2016. №3(24)).

Деградационная функция $D(t)$ изменения прочностных свойств цементного бетона под действием ионов хлора исследовалась авторами (Селяев В.П., Куприяшкина Л.И., Седова А.А., Селяев П.В., Колотушкин А.В. Химическое сопротивление цементных композитов действию водных растворов, содержащих ионы хлора // Строительные материалы. 2015) имеет вид:

$$D(t) = \exp\{-k\omega_0 t_1\}, \quad (12)$$

где t_1 – время в сутках; $k\omega_0$ – коэффициент химической активности, величина которого получена по экспериментальным данным и равна $k\omega_0 = 0,0008$.

Длительность действия агрессивной среды на бетон t_1 больше, чем длительность действия t ионов хлора на арматуру. Но этим различием в первом приближении можно пренебречь, так же как можно пренебречь временным упрочнением верхних слоев бетона вследствие кольматационного эффекта.

Тогда условие трещинообразования (10) с учетом (11) и (12) примет вид:

$$\alpha\beta \left[\sqrt{0,25 + \left(\frac{\Delta}{d} - \frac{\Delta^2}{d^2} \right) \frac{m_1}{m_0}} - 0,5 \right] \leq R_{bt} \exp\{-k\omega_0 t_1\}, \quad (13)$$

где α – константа, учитывающая влияние E_1 и ν_1 на σ_{bt} ; $\alpha = 2E / (1 - \nu)$; β – константа, учитывающая влияние соотношения a/d на σ_{bt} ; $\beta = \left[\left(\frac{2a}{d} + 1 \right)^2 - 1 \right]^{-1}$.

Анализ предельного условия образования продольных трещин представлен на рис. 2 и 3.

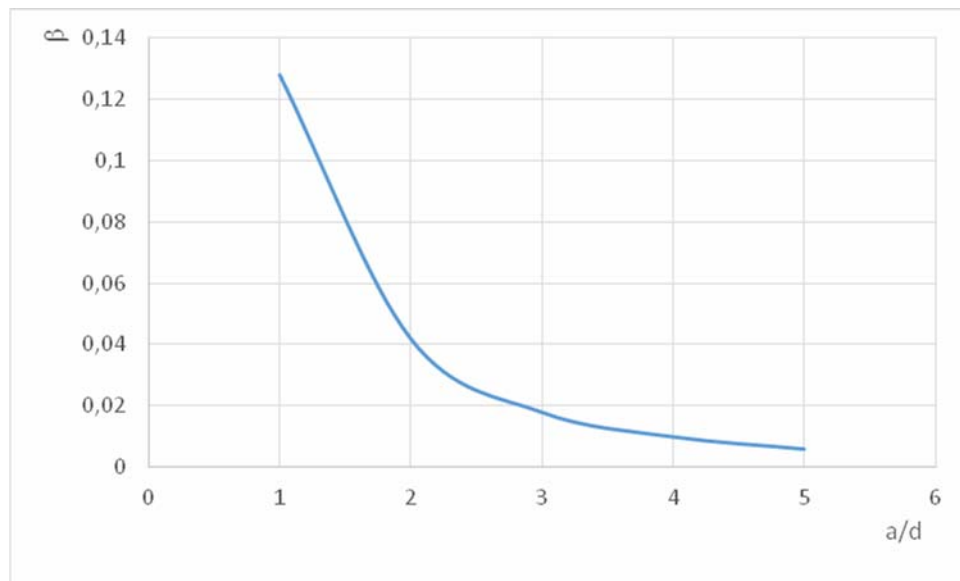


Рис. 2. Зависимость β от соотношения a/d

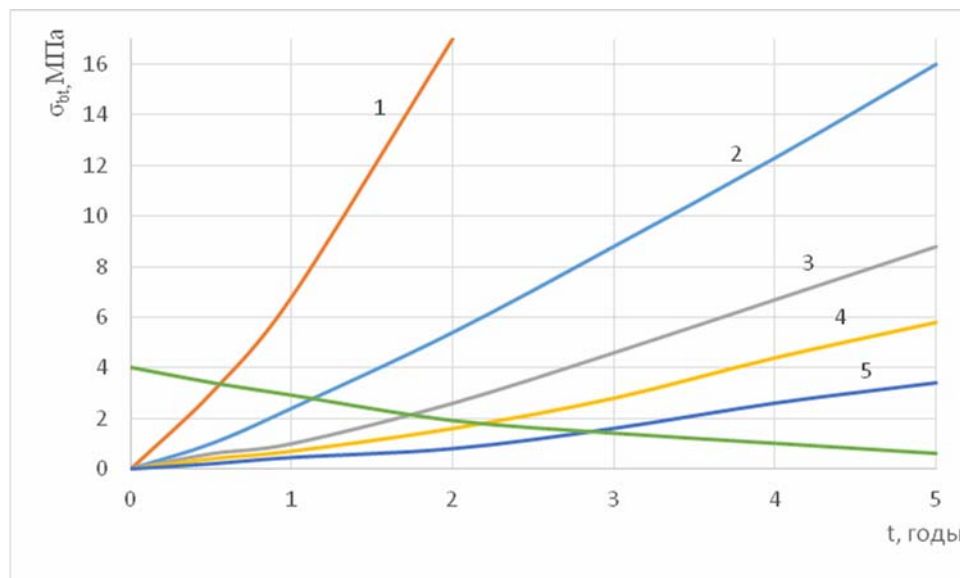


Рис. 3. Зависимость σ_{bt} , R_{bt} от длительности действия ионов хлора:
 1 – $a/d = 1$; 2 – $a/d = 2$; 3 – $a/d = 3$; 4 – $a/d = 4$; 5 – $a/d = 5$

На рис. 2 показана зависимость коэффициента β от соотношения a/d . Вполне очевидно, что с увеличением толщины защитного слоя бетона уменьшаются значения β , в прямой зависимости от которых находится величина растягивающих напряжений

на поверхности полубесконечной плоскости. Следовательно, долговечность железобетонных изделий по критерию образования продольных трещин зависит от толщины защитного слоя.

На рис. 3 представлена геометрическая интерпретация предельного условия (13). Графики изменения σ_{bt} при различных соотношениях a/d и R_{bt} – прочности бетона при растяжении – в зависимости от продолжительности действия хлоридной среды дают возможность по точкам пересечения кривых определить длительность эксплуатации до появления продольных трещин. В зависимости от соотношения a/d длительность эксплуатации железобетонных конструкций без трещин колеблется от 0,5 до 3 лет.

В результате проведенных исследований предложена модель образования и развития продольных трещин в бетоне в зависимости от коррозии арматуры под действием агрессивных сред; установлено, что с увеличением соотношения a/d уменьшается вероятность образования продольных трещин; предельное условие (13) дает возможность рассчитать толщину защитного слоя, при которой вероятность появления продольных трещин будет ничтожно мала; предложено предельное условие по образованию продольных трещин при коррозии арматуры.

Список литературы

1. Ратинов, В.Б. Химия в строительстве / В.Б. Ратинов, Ф.М. Иванов. – М.: Стройиздат, 1977. – 220 с.
2. Ингибиторы коррозии стали в железобетонных конструкциях / С.Н. Алексеев, В.Б. Ратинов, Н.К. Розенталь, Н.М. Кашурников. – М.: Стройиздат, 1985.
3. Долговечность железобетона в агрессивных средах / С.Н. Алексеев, Ф.М. Иванов, С. Модры, П. Шиссл. – М.: Стройиздат, 1990. – 220 с.
4. Алексеев, С.Н. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде / С.Н. Алексеев, Н.К. Розенталь. – М.: Стройиздат, 1976. – 205 с.
5. Селяев, В.П. Химическое сопротивление и долговечность строительных материалов, изделий и конструкций / В.П. Селяев, Т.А. Низина, В.Н. Уткина; под общ. ред. д-ра техн. наук В.П. Селяева. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2003. – 48 с.
6. Новгородский, В.И. Основы долговечности железобетонных конструкций / В.И. Новгородский. – М.: Спутник, 2015. – 361 с.
7. Савин, Г.Н. Механика деформируемых тел: избр. тр. / Г.Н. Савин. – Киев: Наукова Думка, 1979. – 465 с.

References

1. Ratinov, V.B. Chemistry in construction / V.B. Ratinov, F.M. Ivanov. – M.: Stroyizdat, 1977. – 220 p.
2. Inhibitors of steel corrosion in concrete constructions / S.N. Alekseev, V.B. Ratinov, N.K. Rozental, N.M. Kashurnikov. – M.: Stroyizdat, 1985.
3. Durability of concrete in corrosive environments / S.N. Alekseev, F.M. Ivanov, S. Modra, P. Schiessl. – M.: Stroyizdat, 1990. – 220 p.
4. Alekseev, S.N. Corrosion resistance of reinforced concrete structures in aggressive industrial environments / S.N. Alekseev, N. Rosenthal. – M.: Stroyizdat, 1976. – 205 p.
5. Selyaev, V.P. Chemical resistance and durability of building materials, products and structures / V.P. Selyaev, T.A. Nisina, V.N. Utkina; Edited by Dr. of Sciences V.P. Selyaeva. – Saransk: Publishing House of Mordovian University, 2003. – 48 p.
6. Novgorodtsev, V.I. Fundamentals of durability of reinforced concrete structures / V.I. Novgorodtsev. – M.: Sputnik, 2015. – 361 p.
7. Savin, G.N. Mechanics of deformable structures: Selected Works / G.N. Savin. – Kiev, Naukova Dumka, 1979. – 465 p.

УДК 697.137.2

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Береговой Александр Маркович,
доктор технических наук, профессор
E-mail: ambereg@rambler.ru

Дерина Мария Александровна,
соискатель кафедры «Городское
строительство и архитектура»
E-mail: gsia@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Beregovoy Aleksander Markovich,
Doctor of Sciences, Professor
E-mail: ambereg@rambler.ru

Derina Marya Aleksandrovna,
Competitor of the department «Urban
construction and architecture»
E-mail: gsia@pguas.ru;

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА ПОДЗЕМНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ В ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ

А.М. Береговой, М.А. Дерина

Дается расчетная модель для оценки эффективности утилизации тепла воздуха подземного помещения с помощью воздуховода, обеспечивающего забор холодного вентиляционного воздуха и выходящего в надземную часть здания. Адекватность разработанной модели проверялась на примере 2-этажного здания. Показана хорошая сходимости экспериментальных и теоретических значений параметров энергосбережения (скорость движения воздуха в воздуховоде не превышает 1 м/с).

Ключевые слова: энергосбережение, подземные помещения, утилизация тепла, двухэтажное здание, воздуховод, подогрев вентиляционного воздуха

USING OF UNDERGROUND ROOMS HEAT IN ENERGY SAVING

A.M. Beregovoy, M.A. Derina

The calculation model to evaluate the efficiency of heat utilization of underground air space by using a duct, providing the intake of cold ventilation air and its arriving in the aboveground part of the building is given. The adequacy of the developed model was tested on the example of a two-storey building. Good agreement between the experimental and theoretical values (the air speed in the duct does not exceed 1 m/s) is shown.

Keywords: energy saving, underground rooms, heat recovery, two-storey building, air duct, heating of ventilation air

Важным фактором уменьшения выброса парниковых газов в атмосферу, повышающих интенсивность процесса глобального потепления, является использование альтернативных источников энергии, в том числе тепла земли, а также утилизация тепла уходящего воздуха из помещений. Утилизация этого тепла рассмотрена на основе экономайзерного эффекта в работе [1].

В трудах отечественных и зарубежных ученых исследования по передаче тепловой энергии земли в помещения здания связаны в основном с применением грунтовых теплообменников и теплонасосных установок, имеющих относительно большую стоимость и требующих проведения сложных буровых и монтажных работ. Более экономичное инженерное решение системы приточно-вытяжной вентиляции с помощью подземных туннелей или каналов, предложенное в работе [2], носит описательный характер и не дает оценку эффективности утилизации тепла, поступающего в подземное

пространство здания со стороны окружающего земляного массива и через цокольное перекрытие.

Для оценки эффективности утилизации тепла воздуха подвального помещения разработали расчетную модель, основанную на использовании воздуховода, который одним концом выводился через отверстие в стене подвала в наружную атмосферу, а другим – выходил в помещение первого этажа. Сущность разработанной модели построена на представлении, что на подогрев определенного объема вентиляционного воздуха, поступающего из такого воздуховода в обогреваемое помещение, будет затрачено меньшее количество тепловой энергии, чем на подогрев такого же объема более холодного воздуха, впускаемого через приточное отверстие в надземное помещение. В зависимости от конструктивного решения ограждений подвальных помещений температура их воздушной среды может превышать 10°C, что свидетельствует о целесообразности утилизации поступающих в нее тепловых потоков [3].

Температуру t_x , °C, нагреваемого воздуха в сечении x воздуховода определяли по формуле Богословского В.Н., использованной им для расчета среднесуточной температуры воздушных прослоек ограждающих конструкций

$$t_x = t_c - (t_c - t_n) \cdot e^{-Ax}. \quad (1)$$

Были разработаны и решены основанные на понятии величины t_x расчетные модели по утилизации тепла верхних слоев земли с помощью вентилируемых подземных каналов [4] и вентилируемой воздушной прослойки со стороны внутренней поверхности наружной стены [5].

В формуле (1) величина t_c зависит от безразмерных показателей C_o и D_o ($t_c = C_o / D_o$), а величина A – от коэффициента теплообмена α_k , количества воздуха $w_{\text{вент}}$, проходящего через воздуховод, удельной теплоемкости воздуха в сечении x ($A = \alpha_k \cdot D_o / (w_{\text{вент}} \cdot c_x)$).

На подогрев наружного холодного воздуха $w_{\text{вент}}$, кг/ч, имеющего удельный вес γ_n , Н/м³, затрачивается количество тепла:

$$Q = 0,28 \cdot w_{\text{вент}} \cdot \gamma_n \cdot c_b \cdot (t_b - t_n), \quad (2)$$

где t_b и t_n – температура внутреннего и наружного воздуха, °C; $w_{\text{вент}}$ – расчетный расход воздуха, кг/ч,

$$w_{\text{вент}} = 3600 v_{\text{вп}} \cdot \rho_{\text{вп}} \cdot S \cdot c_b; \quad (3)$$

здесь $v_{\text{вп}}$ и $\rho_{\text{вп}}$ – скорость, м/с, и плотность, кг/м³, воздуха в воздуховоде; S – площадь сечения воздуховода, м²; c_b – удельная теплоемкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг·°C).

Для экспериментальной проверки разработанной расчетной модели был сконструирован воздуховод из плотного полиэтилена длиной 11 м, имеющий сечение диаметром 11 см (рис.1). Через отверстия, сделанные в стенах подвального помещения 2-этажного жилого дома, воздуховод выходил одним концом в наружную атмосферу, а другим – в подсобное помещение 1-го этажа. Вентилятор марки Домовент 125 ВКО обеспечивал циркуляцию воздуха, скорость которого измеряли с помощью электронного прибора «Метеометр МЭС-200», а температуру – посредством термометров RST 02103 с термосенсорами, которые закреплялись внутри воздуховода. Отверстия для ввода термосенсоров тщательно герметизировались. Измерения проводили в декабре 2014 г. при значениях температур воздуха $t_n = -2, -4, -6$ °C, $t_b = 9$ °C.

Значения температуры воздуха t_x по длине воздуховода, полученные по результатам инструментальных замеров и вычисленные по формуле (1), показаны в табл. 1 и 2. При расчете t_x были определены величины дополнительных параметров, входящих в эту формулу:

$$C_o = 25,4^\circ\text{C}; D_o = 0,94; \alpha_k = 5,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$



Рис. 1. Установка воздуховода в подвальном помещении

Т а б л и ц а 1

Температура воздуха t_x , °С, в сечении канала (экспериментальные значения)

Скорость воздуха, $v_{вп}$, м/с	Температура воздуха t_x , °С, при расстоянии от входа, м				
	0	1	6,6	8,9	11
1	-2	-1	4	6	9
1,7	-4	-3	2	4	7
3,2	-6	-5	0,1	2,2	5

Т а б л и ц а 2

Температура воздуха t_x , °С, в сечении канала (теоретические значения)

Скорость воздуха, $v_{вп}$, м/с	Температура воздуха t_x , °С, при расстоянии от входа, м				
	0	1	6,6	8,9	11
1	-2	-1,01	4,09	5,55	7,29
1,7	-4	-3,41	-0,33	0,78	1,76
3,2	-6	-5,66	-3,86	-3,22	-2,59

Сравнение данных, приведенных в табл.1 и 2, показывает хорошую сходимость экспериментальных и теоретических значений величины t_x , °С, при $v_{вп} = 1$ м/с, что свидетельствует о возможности применения разработанной расчетной модели в диапазоне относительно небольших скоростей движения воздуха в воздуховоде.

Полученные значения t_x на выходе воздуха из воздуховода дают возможность рассчитать эффект энергосбережения при утилизации тепловых потоков, поступающих в подвальное помещение.

С этой целью по формуле (3) для значения $v_{вп} = 1$ м/с определили количество вентиляционного воздуха, поступающего из воздуховода в помещение:

$$w_{вент} = 3600 \cdot 1,29 \cdot (3,14 \cdot 0,055^2) \cdot 1,005 = 42 \text{ кг/ч или } 34 \text{ м}^3/\text{ч воздуха.}$$

Найденная величина $w_{вент}$ обеспечивает нормативную потребность в вентиляционном воздухе жилой комнаты площадью $11,3 \text{ м}^2$ ($11,3 \cdot 3 = 33,9 \text{ м}^3/\text{ч}$).

На подогрев этого количества воздуха, поступающего из подвального помещения с температурой 9 °С , до температуры воздуха жилого помещения (20 °С) потребуется следующая величина тепловой энергии в соответствии с формулой (2):

$$Q_1 = 0,28 \cdot w_{вент} \cdot \gamma_n \cdot c_v \cdot (t_v - t_n) = 0,28 \cdot 42 \cdot 12,3 \cdot 1,005 \cdot (20 - 9) = 1599 \text{ кДж.}$$

Для сравнения на рис.2 показаны значения величины тепловой энергии Q на подогрев нормативного объема вентиляционного воздуха, поступающего через традиционное приточное отверстие в холодный период года в помещения площадью $11,3 \text{ м}^2$.

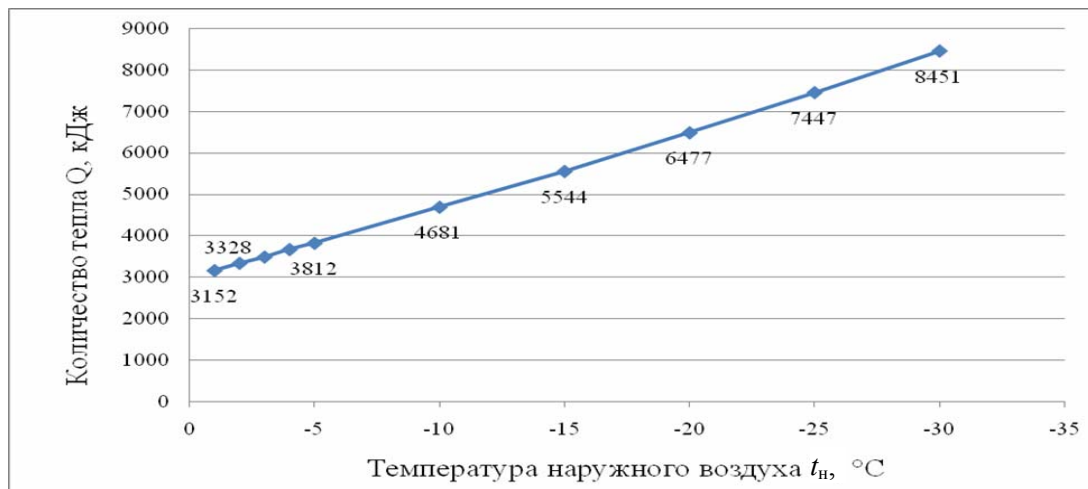


Рис. 2. Зависимость величины Q от температуры наружного воздуха t_n

На подогрев приточного воздуха с температурой -2°C , принятой по условиям проведенного эксперимента, для жилых помещений в зависимости от их площади потребуется

- при площади $11,3 \text{ м}^2$:

$$Q_2 = 0,28 \cdot w_{\text{вент}} \cdot \gamma_n \cdot c_v \cdot (t_b - t_n) = 0,28 \cdot 42 \cdot 12,8 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-2)) = 3\,328 \text{ кДж};$$

- при площади 18 м^2 ($18 \cdot 3 = 54 \text{ м}^3/\text{ч}$):

$$Q_3 = 0,28 \cdot 54 \cdot 12,8 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-2)) = 4279 \text{ кДж};$$

- при площади 60 м^2 ($60 \cdot 3 = 180$):

$$Q_4 = 0,28 \cdot 180 \cdot 12,8 \cdot 1,005 \cdot (20 - (-2)) = 14263,6 \text{ кДж}.$$

Тогда эффект энергосбережения для этих помещений составит соответственно:

$$\mathcal{E}_2 = (Q_1 / Q_2)100 = (1\,599 / 3328)100 = 48 \%,$$

$$\mathcal{E}_3 = (Q_1 / Q_3)100 = (1\,599 / 4279)100 = 37 \%,$$

$$\mathcal{E}_4 = (Q_1 / Q_4)100 = (1\,599 / 14264)100 = 11 \%.$$

Таким образом, результаты расчета и экспериментальная проверка принятой модели утилизации тепла показали, что прокладка воздуховода в подвальном помещении может обеспечить экономию тепловой энергии на отопление до 48, 37 и 11 % для жилых помещений, имеющих площадь соответственно $11,3$, 18 и 60 м^2 .

Список литературы

1. Береговой, А.М. Эффект энергосбережения в помещении с естественной вентиляцией в условиях инфильтрации воздуха через наружную стену / А.М. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Дерина, А.В. Гречишкин //Региональная архитектура и строительство. – 2013. – №3. – С. 140–144.
2. Черешнев, И.В. Применение энергосберегающих технологий при реконструкции жилых домов / И.В.Черешнев//Жилищное строительство. – 2005. – №12. – С.16–19.
3. Береговой, А.М. Технико-экономическая эффективность энергосберегающих решений в архитектурно-строительном проектировании / А.М. Береговой, М.А. Дери-

на, Л.Н.Петрянина //Региональная архитектура и строительство. – 2015. – №2. – С. 144–148.

4. Береговой, А.М. Энергосбережение в индивидуальном жилом доме при использовании тепла верхних слоев земли /А.М. Береговой, В.А. Береговой //Известия вузов. Строительство. – 2008. – №10. – С. 54–58.

5. Мальцев, А.В. Наружное ограждение, утилизирующее тепло уходящего воздуха из помещения / А.В. Мальцев, А.М. Береговой, В.А. Береговой, М.А. Дерина // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – №1. – С. 123–127.

References

1. Beregovoy, A.M. The effect of energy saving in room with natural ventilation in terms of air infiltration through exterior wall /A.M. Beregovoy, A.V. Maltsev, M.A. Derina, A.V. Grechishkin // Regional architecture and engineering. – 2013. – №3. – P. 140–144.

2. Chereshnev, I.V. Application of energy saving technologies in reconstruction of residential buildings / I.V. Chereshnev // Housing construction. – 2005. – №12. – P. 16–19.

3. Beregovoy, A.M. Techno-economic efficiency of energy savings solutions in architecture and construction design /A.M. Beregovoy, M.A. Derina, L.N. Petryanina // Regional architecture and engineering. – 2015. – №2. – P. 144–148.

4. Beregovoy, A.M. The energy saving in individual dwelling house on utilization of heat of earth upper layers / A.M. Beregovoy, V.A. Beregovoy // News of higher educational institutions. Construction. – 2008. – №10. – P. 54–58.

5. Maltsev, A.V. Enclosure structures utilizing removed room air heat / A.V Maltsev, A.M. Beregovoy, V. A. Beregovoy, M.A. Derina // Regional architecture and engineering. – 2014. – №1. – P. 123–127.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Миряев Борис Васильевич,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Строительные конструкции»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Кузнецов Алексей Анатольевич,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Геотехника и дорожное
строительство»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Miryaev Boris Vasilyevich,
Candidate of Sciences, Associate professor of
the department «Building constructions»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Kuznetsov Alexey Anatolyevich,
Candidate of Sciences, Associate professor of
the department «Geotechnical engineering
and road construction»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПРИ МЕСТНОЙ ПОТЕРЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЕТЧАТЫХ ДЕРЕВЯННЫХ КУПОЛОВ

Б.В. Миряев, А.А. Кузнецов

Предлагается метод определения критической нагрузки при местной потере устойчивости сетчатых деревянных куполов. Приводятся результаты численного эксперимента. Адекватность предложенного метода подтверждается сравнением полученного значения критической нагрузки с критической нагрузкой, вычисленной по известной формуле Райта.

Ключевые слова: сетчатый деревянный купол, устойчивость

DETERMINATION OF CRITICAL LOADING AT LOCAL BUCKLING OF MESH WOODEN DOME

B.V. Miryaev, A.A. Kuznetsov

A method of determining critical loading at local buckling of mesh wooden domes is offered. The results of numerical experiments are given. The adequacy of the proposed method is confirmed by comparing the obtained value of the critical load with the critical load calculated by the known Wright formula.

Keywords: mesh wooden dome, stability

Сетчатые деревянные купола имеют, как правило, треугольную решетку. Несущие элементы таких конструкций выполняются из цельной или клееной древесины и соединяются в узлах во многих случаях с помощью стальной узловой детали.

При местной потере устойчивости сетчатых куполов происходит прощелкивание центрального узла купола к центру сферы. Вопросы местной устойчивости металлических и деревянных куполов рассмотрены в [1, 2, 3]. В частности, в работе [1] предложена формула по определению критической нагрузки для купола с шестиугольной пирамидой в его вершине

$$P_{cr}^{эт6} = \frac{2}{\sqrt{3}} E_0 A \sin^3 \alpha_0. \quad (1)$$

Для купола с пятиугольной пирамидой аналогичная формула имеет вид

$$P_{cr}^{эт5} = \frac{5}{3\sqrt{3}} E_0 A \sin^3 \alpha_0. \quad (2)$$

Эти формулы получены в предположении, что нагрузка на пирамиды приложена в виде сосредоточенной силы в вершине, стержни пирамиды имеют шарнирное сопря-

жение, а материал стержней подчиняется закону Гука. В дальнейшем такие пирамиды будем называть «эталонными», параметры их расчетных схем более характерны для стальных куполов.

В отличие от стальных, в деревянных куполах нагрузка на ребра является внеузловой, что приводит к изгибу ребер. Древесина также в отличие от стали характеризуется физической нелинейностью и повышенной деформативностью в узлах. Общая картина напряженно-деформированного состояния элементов купола дополнительно усложняется конструктивной нелинейностью работы элементов в зоне примыкания к узловой детали. Эта нелинейность обусловлена переменной зоной контакта между деревянным элементом и стальной узловой деталью (эффект «отлипа»), а также нелинейной работой нагелей (болтов), прикрепляющих деревянное ребро к узловой детали. Работа отдельных сжато-изгибаемых деревянных элементов и деревянных оболочек при нелинейных зависимостях исследовалась Д.К. Арлениновым и К.П. Пяткрестовским [4, 5].

Авторами статьи разработана методология определения критической нагрузки и проведено экспериментально-теоретическое исследование местной устойчивости сетчатых деревянных куполов с учетом перечисленных выше факторов.

Численный эксперимент проводился с помощью специальной программы на основе разработанных расчетной модели и алгоритма, учитывающих совокупное влияние нелинейных зависимостей и конструктивных решений.

В разработанной расчетной модели используется метод конечных элементов, упрощенный вид данной модели показан на рис. 1. При равномерно распределенной нагрузке g , действующей на пирамиду, на каждое ребро шестиугольной пирамиды будет действовать погонная нагрузка в виде треугольника, максимальное значение которой равно:

$$q = \frac{gl_{np}}{\sqrt{3}}, \quad (3)$$

где g – равномерно распределенная нагрузка, действующая на пирамиду; l_{np} – длина проекции несущего ребра.

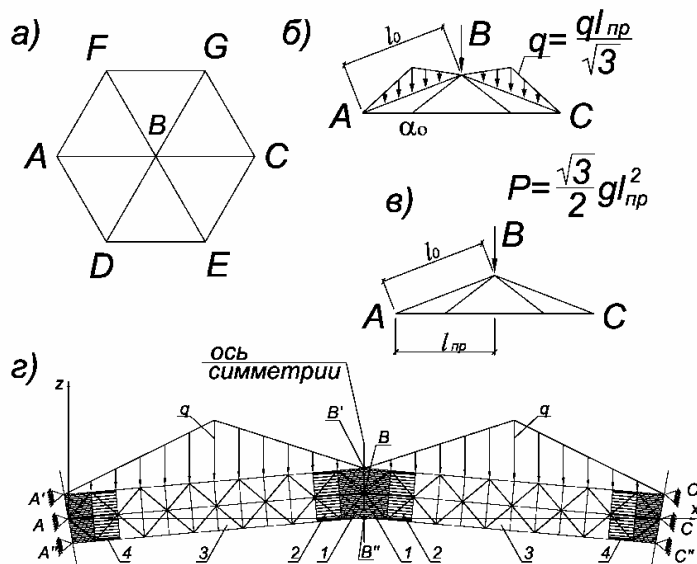


Рис. 1. Расчетная модель при определении деформированного состояния пологой пирамиды: а – геометрическая схема пирамиды; б – схема фактического действия нагрузки; в – схема с эквивалентной нагрузкой; г – упрощенная конечно-элементная схема ребер пирамиды;

1 – конечные элементы, моделирующие работу узловой металлической детали;

2 – граничные конечные элементы, моделирующие работу древесины у торцов;

3 – конечные элементы, моделирующие работу древесины; 4 – конечные элементы, моделирующие работу нагельного соединения

Для построения кривых равновесных состояний одного вида равномерно распределенная нагрузка g приводилась к узловой эквивалентной нагрузке:

$$P = \frac{\sqrt{3}}{2} g l_{np}^2. \quad (4)$$

Кривые равновесных состояний пирамиды строились в координатах $P-f$, где P – узловая эквивалентная нагрузка, а f – вертикальное перемещение центрального узла пирамиды (рис. 2).

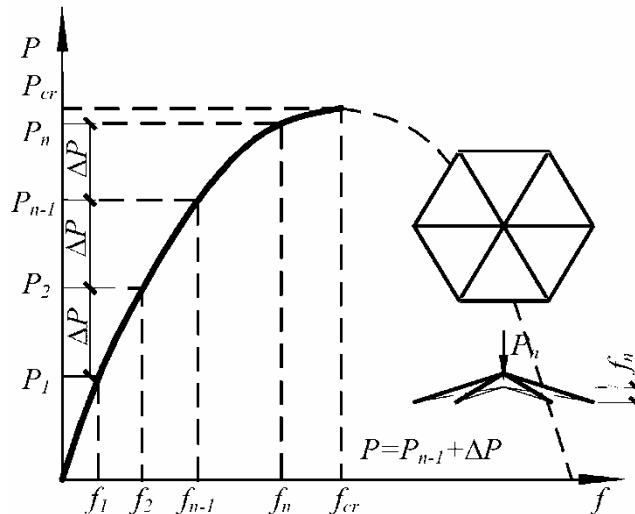


Рис. 2. Кривая равновесных состояний пологой пирамиды

Нагрузки, при которых определялись точки данных кривых, задавались поэтапно с шагом, равным ΔP . Величина этапа назначалась в зависимости от угла α_0 и сечения элементов. На первом этапе при $n=1$ принималось $P=\Delta P$. Если «прощелкивание» не происходило, то на следующем этапе нагрузка увеличивалась на величину ΔP ; если происходила потеря устойчивости пирамиды, то приращение уменьшалось в 2 раза до $0,5 \Delta P$ и $P_{n+1}=P_n+0,5\Delta P$.

Критерием остановки расчета являлось условие

$$\frac{P_{n+1} - P_n}{P_n} \leq T_1, \quad (5)$$

где T_1 – точность вычисления критической нагрузки.

В этом случае критическая нагрузка принималась равной:

$$P_{cr} = P_{n+1}. \quad (6)$$

При определении каждой точки кривой равновесных состояний использовалась комбинация шагового и итерационного методов, при этом разрешающую систему можно записать в виде:

$$[K] \{ \delta_{i,j,k} \} = \{ R_{i,k} \}, \quad (7)$$

где i – текущий номер шага нагружения; j – текущий номер итерации первого уровня на i -м шаге нагружения; k – текущий номер итерации второго уровня на i -м шаге нагружения; $[K]$ – глобальная матрица жесткости системы; $\{ \delta_{i,j,k} \}$ – вектор узловых перемещений при i -м шаге и j -й итерации 1-го уровня и k -й итерации 2-го уровня; $\{ R_{i,k} \}$ – вектор узловых сил при i -м шаге нагружения и k -й итерации 2-го уровня.

Так как древесина имеет анизотропные свойства, то при формировании матрицы жесткости конечных элементов, моделирующих древесину, использовалась матрица упругости трансверсально-изотропного материала. Нелинейная работа сжатой древесины описывалась зависимостью вида:

$$\sigma = E_0 \varepsilon + b \varepsilon^2 + c \varepsilon^3, \quad (8)$$

где E_0 , b , c – постоянные параметры, зависящие от влажности древесины, принятые по [4].

Модуль деформации сжатой древесины вдоль волокон определялся по формуле

$$E_d = E_0 + 2b\varepsilon + 3c\varepsilon^2. \quad (9)$$

Экспериментальное исследование сжато-изгибаемых ребер купола позволило выявить повышенную деформативность древесины в зоне контакта с узловой деталью на начальных этапах нагружения [6, 7]. Исходя из этого для конечных элементов, расположенных в зоне контакта, использовалась диаграмма деформирования с двумя участками кривизны разных знаков (рис.3). Такой подход позволил учесть повышенную деформативность, вызванную приторцовкой деревянных ребер.

При формировании матриц жесткости конечных элементов, моделирующих деревянное ребро в растянутой зоне, использовалась диаграмма Прандтля.

На каждом этапе построения кривой равновесных состояний нагрузка разбивалась на 10 частей и прикладывалась к пирамиде пошагово, поэтому вектор узловых сил представлялся в виде

$$R_{ik} = \sum_{i=1}^{10} r_{1,k} + r_{2,k} + \dots r_{10,k}. \quad (10)$$

На каждом шаге нагружения корректировались модуль деформаций сжатой древесины, жесткости стержней, моделирующих работу нагельного соединения, и координаты узлов конечных элементов.

На каждом шаге нагружения применялись итерации 1-го и 2-го уровня. В процессе итераций 1-го уровня производился анализ напряженно-деформированного состояния граничных конечных элементов, расположенных в зоне контакта со стальной деталью. В случае появления в этих элементах растягивающих напряжений модуль деформаций древесины принимался равным 0, и данные элементы выключались из работы. Таким образом, в ходе итераций 1-го уровня учитывалась конструктивная нелинейность и проявлялся эффект «отлипа». Данные итерации прекращались, когда останавливался процесс нарастания трещины между деревянным ребром и узловой деталью.

Итерации 2-го уровня использовались в алгоритме для того, чтобы минимизировать невязку усилий в вершине пирамиды (см. рис. 2). На каждой k -й итерации в вершине пирамиды прикладывалась фиктивная сила F_k , величина которой принималась равной:

$$F_k = F_{k-1} \left(1 - \frac{\sin \alpha_k}{\sin \alpha_{k-1}} \right), \quad (11)$$

где F_k , F_{k-1} – значение силы соответственно при k -й и $(k-1)$ -й итерациях; α_k , α_{k-1} – значения угла наклона ребра соответственно при k -й и $(k-1)$ -й итерациях.

Итерации 2-го уровня прекращались в случае «прощелкивания» узла либо в случае достижения необходимой точности вычислений – T .

Тестирование программы проводилось на фрагменте сетчатого купола в виде пологой шестиугольной «эталонной» пирамиды. Она имела следующие параметры: длина ребер $L_0=600$ мм, сечение ребра 60×20 мм, угол наклона ребра к горизонтали $\alpha_0=4,79^\circ$, суммарная длина узловых деталей – 24 мм, модуль упругости древесины в расчетах принимался равным $1,17 \cdot 10^4$ МПа; стали – $2,1 \cdot 10^5$ МПа; нагрузка на пирамиду прикладывалась в ее вершине; материал ребер – древесина и сталь – подчинялся

закону Гука; сопряжение ребер в узлах принималось шарнирным. При этом жесткость связей в узлах $A', A'', B', B'', C', C''$ принималась равной нулю (см. рис.1).

С целью определения оптимальных параметров расчетной модели, позволяющих получить достаточно точное решение при приемлемых затратах машинного времени, было проведено исследование сходимости результатов вычислений к некоторому «точному» решению, возможному для данной расчетной схемы при данном алгоритме.

При исследовании сходимости первого рода менялось количество разбиений по высоте ребра купола на конечные элементы n_3 – от 2 до 12. При исследовании сходимости второго рода варьировалось количество шагов нагружений i – от 3 до 10, при исследовании сходимости третьего рода точность вычислений для итераций 2-го уровня увеличивалась от 0,1 до 10^{-4} . Графики сходимости показаны на рис.3. По оси абсцисс откладывалась величина варьируемого параметра (n_3, i, T), по оси ординат – относительная критическая сила:

$$\bar{P}_{cr} = \frac{P_{cr}}{P_{cr}^{нач}}, \quad (12)$$

где $P_{cr}^{нач}$ – значение критической силы при начальном значении варьируемого параметра ($n_3 = 2, i = 3, T = 0,1$); P_{cr} – значение критической силы при текущем значении варьируемого параметра.

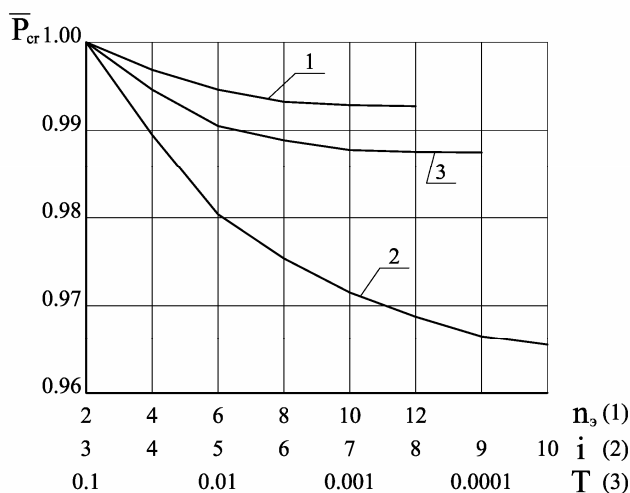


Рис.3. Графики сходимости относительной критической силы при тестировании программы

Величина критической силы для «эталонной» пирамиды при $n_3 = 10, i = 10, T = 0,0001$ оказалось равной 9835 Н. Критическая сила, вычисленная по формуле (1), получилась равной 9810 Н. Расхождение составило 0,25 %, что можно считать вполне удовлетворительным результатом.

В результате численного исследования выявлена степень влияния различных факторов на величину критической силы. В частности, получены значения коэффициента $K_{фн}$, характеризующего степень влияния физической нелинейности древесины:

$$K_{фн} = \frac{P_{cr}^{фн}}{P_{cr}}, \quad (13)$$

где $P_{cr}^{фн}$ – эквивалентная критическая сила, определенная с учетом физической нелинейности древесины, но без учета обмятия древесины в узлах; P_{cr} – эквивалентная критическая сила, определенная без учета физической нелинейности.

На рис.4 показаны зависимости коэффициента $K_{\text{фн}}$ от угла наклона ребер к горизонту α_0 при различных закреплениях. При увеличении α_0 влияние физической нелинейности существенно возрастает, что объясняется более высоким уровнем напряжения в ребрах пирамиды в момент ее прощелкивания.

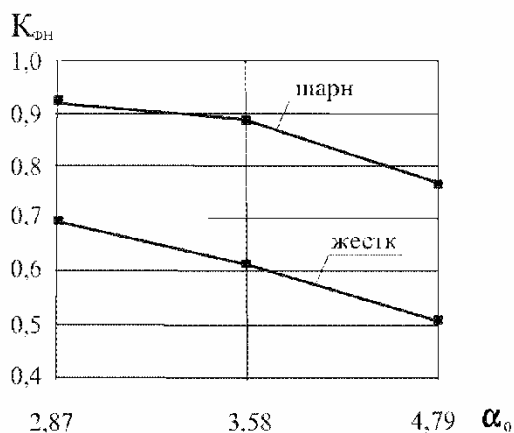


Рис. 4. График зависимости $K_{\text{фн}}$ от α_0 при различных опорных закреплениях стержней

Степень влияния жесткости узлов на величину критической нагрузки, характеризующая коэффициентом:

$$K_{\text{жу}} = \frac{P_{\text{cr}}^{\text{ж}}}{P_{\text{cr}}^{\text{ш}}}, \quad (14)$$

где $P_{\text{cr}}^{\text{ш}}$ – эквивалентная критическая сила, определенная при шарнирном сопряжении элементов в узлах; $P_{\text{cr}}^{\text{ж}}$ – эквивалентная критическая сила, определенная при упругом сопряжении элементов в узлах.

На рис. 5 показаны результаты исследования влияния жесткости сопряжения элементов в узлах на величину критической нагрузки. В наибольшей степени влияние жесткости узлов на величину критической нагрузки проявляется при $\alpha=2,87^\circ$ и $\gamma=10,25$. При возрастании α_0 и γ это влияние уменьшается.

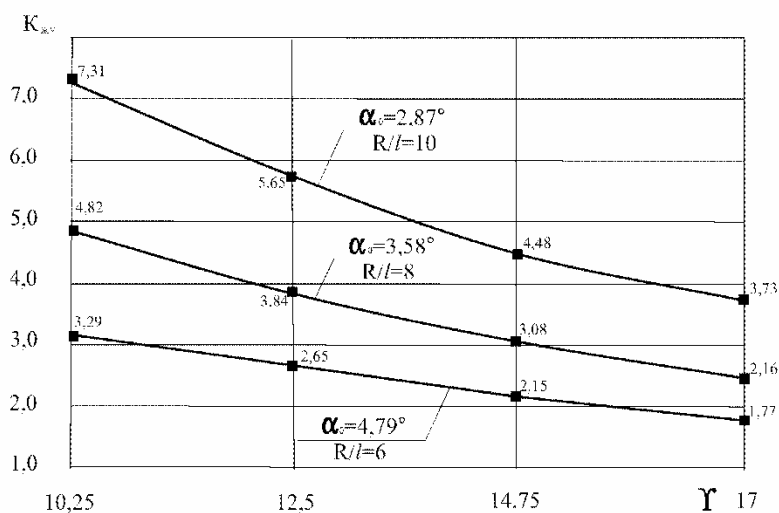


Рис. 5. Зависимость коэффициента $K_{\text{жу}}$ от параметра $\gamma(h/l)$ при различных $\alpha_0(R/l)$:
 h – высота сечения ребра; R – радиус описанной сферы; l – длина ребра

Степень влияния внеузловой нагрузки на величину критической нагрузки, характеризуется коэффициентом:

$$K_{\text{вн}} = \frac{P_{cr}^{\text{вн}}}{P_{cr}^y}, \quad (15)$$

где $P_{cr}^{\text{вн}}$ – эквивалентная критическая сила, определенная для внеузловой нагрузки; P_{cr}^y – эквивалентная критическая сила, определенная для узловой нагрузки.

На рис. 6 показаны результаты исследования влияния продольно-поперечного изгиба на величину критической нагрузки.

Из приведенных графиков видно, что влияние продольно-поперечного изгиба сказывается сильнее с увеличением угла α_0 . Это вызвано тем, что с увеличением α_0 возрастают уровень напряжений в отдельных элементах и кривизна самих элементов. Увеличение кривизны элементов приводит к дополнительному сближению узлов и, как следствие, к уменьшению критической нагрузки.

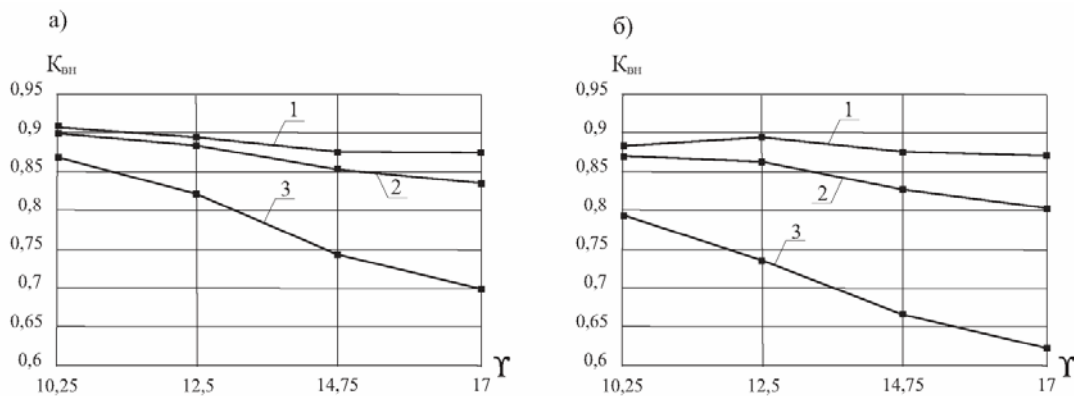


Рис. 6. Зависимость коэффициента $K_{\text{вн}}$ от параметра γ при различных углах α_0 :
 а – без учета физической нелинейности; б – с учетом физической нелинейности;
 1 – $\alpha_0=2,87^0$; 2 – $\alpha_0=3,58^0$; 3 – $\alpha_0=4,79^0$

Степень влияния обмятия древесины в узлах на величину критической нагрузки характеризуется коэффициентом:

$$K_{\text{од}} = \frac{P_{cr}^{\text{сo}}}{P_{cr}^{\text{бo}}}, \quad (16)$$

где $P_{cr}^{\text{сo}}$ – эквивалентная критическая сила, определенная с учетом физической нелинейности древесины и с учетом обмятия древесины в узлах; $P_{cr}^{\text{бo}}$ – эквивалентная критическая сила, определенная с учетом физической нелинейности, но без учета обмятия древесины в узлах.

На рис. 7 изображены графики изменения коэффициента $K_{\text{од}}$ в зависимости от α при различных закреплениях.

Влияние обмятия древесины в узлах при шарнирном сопряжении элементов возрастает с уменьшением угла α_0 . Такая зависимость объясняется тем, что приторцовка узлов наиболее заметно проявляется на начальной стадии нагружения при небольшом уровне напряжений. При жестком сопряжении узлов изменение α_0 не оказывает существенного влияния на величину $K_{\text{од}}$, т.к. концентрация напряжений в угловых зонах достигает больших значений даже при небольших значениях α_0 .

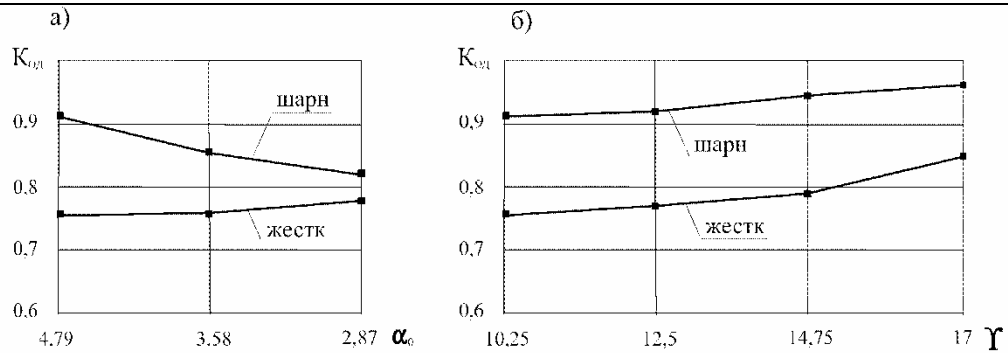


Рис. 7. Зависимость коэффициента $K_{од}$ от угла α_0 (а) и от параметра γ (б) при различных опорных закреплениях

Выводы

Численное исследование местной устойчивости сетчатых деревянных куполов показало, что учет конструктивных особенностей и нелинейности работы данных конструкций оказывает существенное влияние на величину критической нагрузки.

Для куполов с относительно мелкой треугольной сеткой ($R/l=8,0-9,0$) и жесткими узлами увеличение значения критической нагрузки по сравнению с «эталонным» значением составляет 20-60 %. Для куполов с относительно крупной сеткой ($R/l=3,0-4,0$) и шарнирными узлами значение критической нагрузки уменьшается в 2-2,5 раза.

Список литературы

1. Wright, D. Membrane forces and buckling in Retigulated Shells / D. Wright // Journal of the Structural Division «Proceeding of the American Society of Civil Engineering». – 1965. – Vol. 91, N ST1. – P. 173–201.
2. Журавлев, А.А. Купольные покрытия из дерева и пластмасс. Спецкурс / А.А. Журавлев. – Ростов н/Д: Рост. инж.-строит. ин-т, 1983. – 102 с.
3. Савельев, В.А. Устойчивость сетчатых куполов / В.А. Савельев // Металлические конструкции. – М.: Стройиздат, 1966. – С. 325–339.
4. Арленинов, Д.К. Эффективные деревянные конструкции и методы их расчета с учетом нелинейных зависимостей: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Д.К. Арленинов; Московский гос. ун-т путей сообщения. – М., 1995. – 45 с.
5. Пятикрестовский, К.П. Силовое сопротивление пространственных деревянных конструкций при кратковременных и длительных нагрузках: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / К.П. Пятикрестовский; ГОУ ВПО «Московская гос. акад. коммунального хозяйства и строительства». – М., 2011. – 43 с.
6. Миряев, Б.В. Исследование напряженно-деформированного состояния деревянных элементов купола в зоне контакта с узловыми деталями / Б.В. Миряев, С.А. Толушов // Безопасность и эффективность строительных конструкций: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: ПГУАС, 2011. – С.138–141.
7. Миряев, Б.В. Экспериментальное определение деформативности узлов купольного покрытия / Б.В. Миряев, С.А. Толушов // Строительная индустрия: вчера, сегодня, завтра: сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза: РИО ПГСХА, 2011. – С.120-123.

References

1. Wright, D. Membrane forces and buckling in Retigulated Shells.-Journal of the Structural Division / D. Wright // Proceeding of the American Society of Civil Engineering. – 1965. – Vol. 91, N ST1. – P. 173–201.
2. Zhuravlev, A.A. Dome coverings from a tree and plastic. Special course / A.A. Zhuravlev. – Rostov-on-Don: Rost. State Institute of Engin. and Construction, 1983. – 102 p.

3. Savelyev, V.A. Stability of mesh domes / V.A. Savelyev // Metal constructions. – М.: Stroyizdat, 1966. – P. 325–339.

4. Arleninov, D.K. Effective wooden constructions and methods of their calculation taking into account nonlinear dependences: abstract of the thesis on competition of an academic degree of the Doctor of Technical sciences / D.K. Arleninov; Moscow State University of Means of Communication. – М., 1995. – 45 p.

5. Pyatikrestovsky, K.P. Power resistance of spatial wooden constructions at short-term and long loadings: the abstract of the thesis on competition of an academic degree of the Doctor of Technical sciences / K.P. Pyatikrestovsky; Public Educational Institution of Higher Professional Training Moscow State Academy of Municipal Services and Construction. – М., 2011. – 43 p.

6. Miryaev, B.V. Research of the intense deformed condition of wooden elements of a dome in a zone of contact with nodal details / B.V. Miryaev, S.A. Tolushov // Safety and efficiency of construction designs: Collection of articles of the International scientific and practical conference. – Penza: PGUAS, 2011. – P.138–141.

7. Miryaev, B.V. Experimental definition of deformability of knots of a dome covering / B.V. Miryaev, S.A. Tolushov // Construction industry: yesterday, today, tomorrow: Collection of articles of the II International scientific and practical conference. – Penza, RIOPGSKH, 2011, p. 120-123.

УДК 624: 075.23+69.059.324.5

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Гучкин Игорь Сергеевич,
кандидат технических наук, профессор
кафедры «Строительные конструкции»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Самарцева Елена Андреевна,
студентка
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Ласьков Николай Николаевич,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Строительные конструкции»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Толушов Сергей Александрович,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Строительные конструкции»

*Penza State University of Architecture
and Construction*
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Guchkin Igor Sergeevich,
Candidate of Sciences, Professor of the
department «Building structures»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Samartseva Elena Andreevna,
Student
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Laskov Nikolay Nikolaevich,
Doctor of Sciences, Professor, Head of the
Department «Building structures»
E-mail: stroyconst@pguas.ru

Tolushov Sergey Alexandrovich,
Candidate of Sciences, Associate Professor of
the department «Building structures»

КОЛОННА ИЗ ТРУБОБЕТОНА ДЛЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

И.С. Гучкин, Е.А. Самарцева, Н.Н.Ласьков, С.А. Толушов

Предлагаются конструкция и технология изготовления колонны из трубобетона, предназначенной для строительства многоэтажного каркасного здания. Приводятся вид стальной оболочки-трубы, схема армирования бетонного ядра, конструкция стальной консоли, способ нагнетания под давлением снизу вверх бетонной смеси в оболочку бетонным насосом стационарного типа.

Ключевые слова: многоэтажное здание, колонна, трубобетон, стальная оболочка, бетонное ядро, бетонирование «снизу вверх»

COLUMN FROM PIPE-CONCRETE FOR MULTI-STOREY BUILDINGS

I.S. Guchkin, E.A. Samartseva, N.N. Laskov, S.A. Tolushov

Design and manufacturing technology of pipe-concrete columns designed for the construction of multi-storey frame building is offered. The form of steel shellpipe, the scheme of reinforcement concrete core, steel console design, concrete injection under pressure from the bottom up into shell by a fixed pump are given.

Keywords: multi-storey building, column, pipe-concrete, steel shell, concrete core, «bottom up» concreting

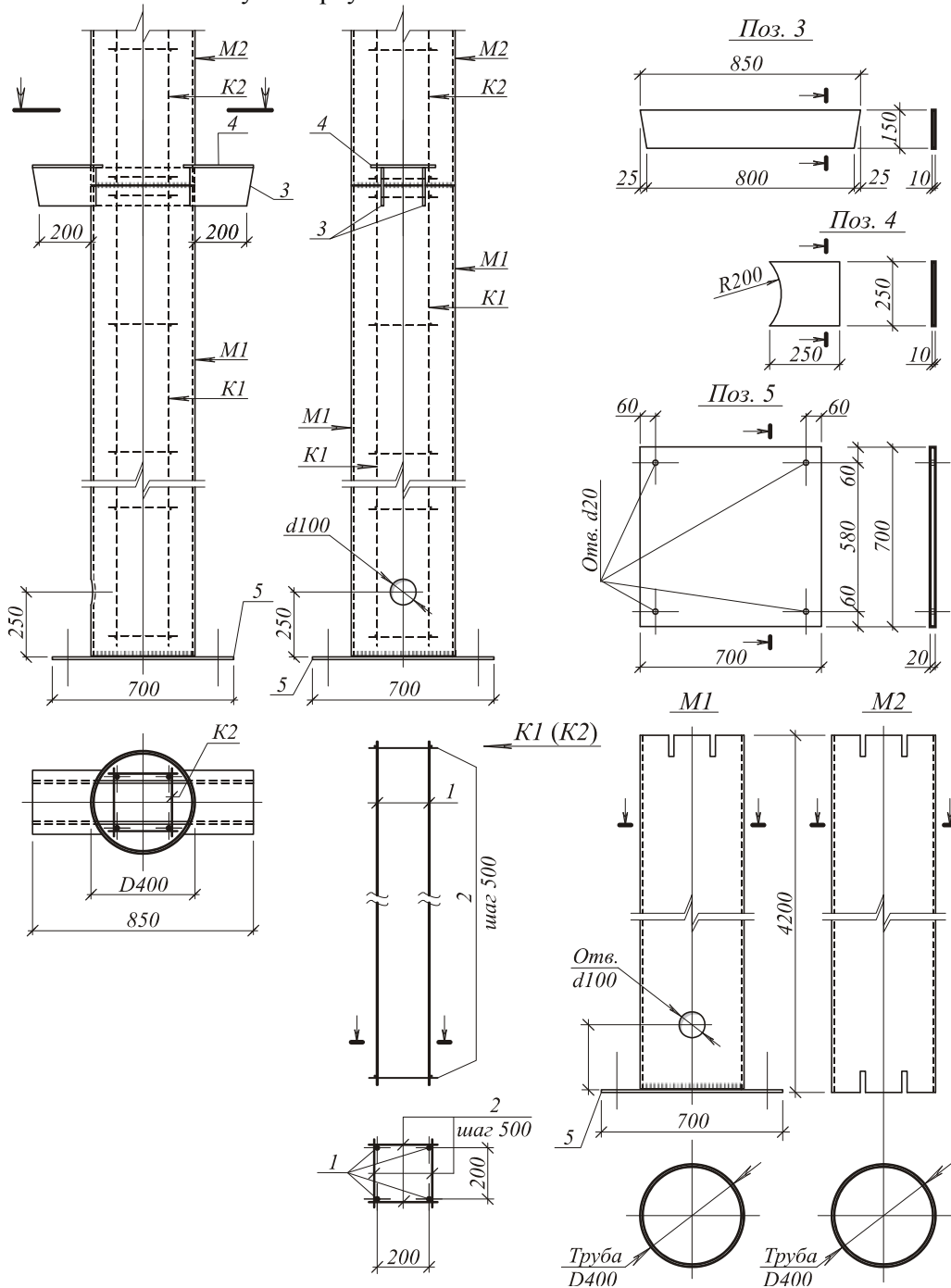
Колонны из трубобетона, состоящие из бетонного ядра и стальной оболочки, обладают высокой несущей способностью, экономичны по расходу бетона и металла, архитектурно выразительны. Они часто применяются при строительстве высотных зданий в странах дальнего зарубежья (Китай, Япония, США и др.).

Широкому применению трубобетона в России, несмотря на большое количество экспериментальных исследований [1, 2, 3], препятствуют отсутствие нормативных документов по расчету и конструированию, а также технологические недоработки при изготовлении и сложность контроля качества бетонирования ядра колонны. Так, например, оболочка колонны на один этаж имеет значительную высоту (3,2–4,8 м) и небольшой диаметр (0,3–0,4 м). При традиционном бетонировании «сверху вниз» бетонная смесь, падая с большой высоты, частично расслаивается и может зависать на

арматурном каркасе, расположенном внутри оболочки. Эти факторы сложно контролировать и учитывать при расчете прочности колонны.

В разработанной авторами конструкции колонны бетонная смесь нагнетается бетононасосом «снизу вверх» через впускное отверстие, которое по окончании бетонирования перекрывается затвором в виде разъёмной муфты, расположенной на оболочке в створе с входным отверстием. В результате повышается качество бетонирования и отсутствует необходимость принудительного виброуплотнения бетонной смеси.

Конструкция трубобетонной колонны в виде секции на два этажа показана на рисунке. Секция состоит из двух труб-оболочек M1 и M2. Оболочка нижнего этажа M1 внизу имеет впускное отверстие, а сверху – четыре паза, предназначенные для размещения стальных пластин консолей. Оболочка верхнего этажа M2 имеет по четыре аналогичных паза снизу и сверху.



Конструкция колонны из трубобетона

Монтаж секции колонны выполняется в следующем порядке:

- оболочка М1 в сборке с опорной плитой поз.5, каркасом К1 и элементами консолей (поз. 3, 4) устанавливается в проектное положение и крепится анкерными болтами к фундаменту;
- каркас К2 монтируется в проектное положение и соединяется на сварке со стальными пластинами консоли (поз. 3);
- оболочка М2 устанавливается в проектное положение и соединяется на сварке с оболочкой М1;
- в оболочку М2 укладываются элементы консоли (поз. 3, 4) вышележащего этажа, причём пластины (поз. 3) соединяются на сварке с продольной арматурой каркаса К2;
- на оболочку М1, в створе с впускным отверстием, устанавливается муфта бетонного затвора, а затем подключается шланг бетононасоса;
- в оболочки М1, М2 нагнетается бетонная смесь. Затем бетононасос отключается и одновременно муфтой бетонного затвора перекрывается впускное отверстие в оболочке М1;
- после набора бетоном прочности муфта бетонного затвора демонтируется, а впускное отверстие закрывается стальной накладкой и обваривается.

При возведении каркаса многоэтажного здания количество секций, одновременно наполняемых бетоном, ограничивается лишь мощностью бетононасоса. Для примера, стационарным бетононасосом марки «РС-307» высота подъёма бетонной смеси на щебне фракции 5–20 мм может достигать 30 м.

Несущую способность ствола трубобетонной колонны можно рассчитать по методу Л. И. Стороженко [2], а прочность стыков оболочек – по правилам расчета сварных соединений. При этом усилие в оболочках принимается пропорционально несущим способностям бетонного ядра и оболочки трубобетонного элемента.

Вывод

Применение предлагаемой конструкции трубобетонной колонны и способа её бетонирования при строительстве высотных зданий позволит сократить сроки возведения каркаса здания, повысить его качество и надёжность в работе.

Список литературы

1. Дубанова, К.А. Трубобетонные колонны в строительстве высотных зданий и сооружений / К. А. Дубанова, И. Д. Сальманов // Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2014. – Вып. 6.
2. Стороженко, Л.И. Расчет трубобетонных конструкций / Л.И. Стороженко, П.И. Плахотный, А.Я. Черный. – Киев: Будивельник, 1991.
3. Сильванович, Т.Г. Трубобетонные колонны каркасов жилых зданий / Т.Г. Сильванович, И.В. Беспалов, А.Г. Климашин // Эффективные строительные конструкции: теория и практика: сб. – Пенза, 2003.

References

1. Zhubanov, K.A. Pipe-concrete columns in the construction of high buildings and structures / K.A. Zhubanov, I. D. Salmanov // Construction of unique buildings.– 2014. – № 6.
2. Storozhenko, L.I. Calculation of pipe-concrete structures / L.I. Storozhenko, P.I. Plakhotny, A.J. Black. – Kiev: Budivelnik, 1991.
3. Silvanovich, T.G. Column pipe-concrete frames of residential buildings / T.G. Silvanovich, I.V. Bespalov, A.G. Klimashin // Effective constructions: theory and practice: Proc. – Penza, 2003.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Береговой Александр Маркович,
доктор технических наук, профессор
E-mail: ambereg@rambler.ru

Дерина Мария Александровна,
соискатель кафедры «Городское
строительство и архитектура»
E-mail: gsia@pguas.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Beregovoy Aleksandr Marcovich,
Doctor of Sciences, Professor
E-mail: ambereg@rambler.ru

Derina Marya Alecsandrovna,
Competitor of the department «Urban
construction and Architecture»
E-mail: gsia@pguas.ru;

ТЕПЛОАККУМУЛИРУЮЩАЯ КОНСТРУКЦИЯ ДЛЯ КОМПЕНСАЦИИ ТЕПЛОПОТЕРЬ ПОМЕЩЕНИЯ

А.М. Береговой, М.А. Дерина

Рассмотрен вариант решения задачи при граничных условиях первого рода по компенсации теплотерь помещения после отключения системы отопления в процессе остывания теплоаккумулирующей конструкции. Компенсация части теряемой теплоты происходит только при условии высокоинтенсивного движения вблизи поверхности конструкции (пластины) вентиляционных струй, влияющего на коэффициент теплообмена между ее поверхностью и воздушной средой помещения.

Ключевые слова: теплоаккумулирующая конструкция, объемная теплоемкость, коэффициент теплообмена, тепловые потери

HEAT STORAGE CONSTRUCTION FOR COMPENSATION OF HEAT LOSSES

A. M. Beregovoy, M. A. Derina

There has been considered a variant of solution the task with boundary conditions of the first kind to compensate heat losses in the room after turning off central heating in the cooling process of thermal storage construction. The compensation of a part of losing heat occurs only under the condition of high-intense movement of ventilation jets near the surface of the structure (plate), of ventilation jet affecting the heat exchange coefficient between the surface and air environment of the room.

Keywords: thermal storage construction, volume heat capacity, heat exchange coefficient, heat losses

Концептуальные направления по ресурсо- и энергосбережению предусматривают необходимость максимального снижения веса зданий, широкого использования в них тонкостенных ограждающих конструкций с эффективными теплоизоляционными слоями. Разработка и внедрение нанотехнологических строительных разработок в перспективе приведут к коренному изменению наших представлений о строительных конструкциях, в том числе о геометрических и теплофизических параметрах наружной оболочки здания.

В реальных (нестационарных) условиях эксплуатации зданий наблюдаются постоянные колебания интенсивности наружного теплового потока в суточном, сезонном и годовом циклах. Такой же характер приобретают воздействия внутреннего теплового потока в холодное время года в случаях аварийного отключения системы отопления или прерывистого отопления.

Упомянутым тонкостенным наружным ограждениям можно придать высокие теплоизоляционные свойства благодаря включению в них эффективных утеплителей

(пенополистирол, минеральная вата и др.). Однако из-за незначительной объемной теплоемкости такие ограждения будут обладать малой способностью аккумулировать тепло при нестационарных тепловых воздействиях окружающей среды и отдавать его воздуху помещений для формирования стабильного теплового режима внутренней воздушной среды здания. Теплоаккумулирующие свойства местных строительных материалов и конструкций, а также влияние тепловой инерции наружных ограждений на формирование теплового режима зданий рассмотрены в работах [1, 2].

Устройство внутренних теплоаккумулирующих конструкций в объемно-планировочной структуре здания позволяет снизить амплитуду колебаний температуры воздуха помещений не только в период отопления, но и в летнее время, особенно для тех зданий, которые эксплуатируются в южных регионах страны и в III-IV климатических районах, где применение тонкостенной наружной оболочки не обеспечивает достаточную тепловую защиту помещений от высоких дневных температур.

Используемый в практике инженерных расчетов метод нахождения температуры воздуха помещения, основанный на учете показателя теплоусвоения внутренней поверхности ограждения, не позволяет в должной мере оценить энергетический потенциал теплоаккумулирующей конструкции по компенсации теплопотерь помещения в период отключения системы отопления.

Для проверки этого вывода рассматривались два варианта наружных ограждающих конструкций, различающихся теплоаккумулирующей способностью, в одноэтажном здании с размерами 15×15 и высотой 3 м: тонкостенные ограждения (армоцементная оболочка $\delta = 50$ мм, слой из эффективного утеплителя) и ограждения из пенобетонных блоков с внутренним фактурным слоем, имеющим $\rho = 1400$ кг/м³, $\delta = 15$ мм. Все внутренние перегородки были приняты из сборных железобетонных панелей $\delta = 160$ мм. Перерыв в работе системы отопления составил 20 ч.

Как показал расчет, несмотря на существенную разницу теплоаккумулирующей способности (объемной теплоемкости) тонкостенных наружных ограждений ($c\rho V = 14400$ кДж/°С) и пенобетонных конструкций ($c\rho V = 84672$ кДж/°С), полный перепад температур внутреннего воздуха за время перерыва составил для первого варианта 4 °С, а для второго 3,25 °С, то есть различался весьма незначительно.

Во время аварийного отключения системы отопления теплоаккумулирующая конструкция, охлаждаясь, выделяет в воздушную среду помещения определенное количество теплоты $Q_{ак}$. Такую конструкцию в структуре здания можно представить как пластину из неорганического строительного материала достаточно большой плотности.

Рассмотрим процесс охлаждения такой пластины при граничных условиях первого рода (внутренняя задача). Он зависит от ее теплоинерционных свойств, коэффициента температуропроводности \dot{a} и при этом характеризуется большим коэффициентом теплообмена α между ее поверхностью и воздушной средой помещения. Последнее условие возможно только при высокоинтенсивном движении вблизи поверхности пластины вентиляционных струй, когда температура окружающей воздушной среды $t_{в}$ сразу становится равной температуре поверхности пластины $\tau_{в}$. Этот случай охлаждения пластины выражается критерием Био

$$Bi = \alpha \cdot \delta / 2 \lambda \geq 100,$$

где δ – толщина пластины, м; λ – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м · °С).

При граничных условиях первого рода уравнение теплопроводности для тонкой неограниченной пластины в случае равномерного распределения температур имеет вид [3]:

$$\frac{t - t_c}{t_o - t_c} = \frac{4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \cdot [1 / (2n - 1)] \cos(2n - 1) \pi \cdot x / 2l \times \times \exp\left[-(2n - 1)^2 \cdot \pi^2 \cdot F_o / 4\right], \quad (1)$$

где t , t_c , t_o – температуры тела, окружающей среды, начальная температура тела соответственно; l – характерный размер тела (в случае пластины $l = \delta / 2$); x – координата по толщине пластины; F_o – критерий Фурье, $F_o = \dot{a} \cdot z / l^2$; z – время, ч.

Для решения поставленной задачи необходимо определить среднюю температуру конструкции t_{cp} в конце перерыва в работе системы отопления- величину, используемую в формуле:

$$Q_{ак} = c_0 \cdot \rho \cdot V (t_0 - t_{cp}), \quad (2),$$

где $Q_{ак}$ – количество теплоты, отданной конструкцией воздуху помещений, кДж; c_0 – удельная теплоемкость материала конструкции, кДж/(кг·°C); ρ – плотность материала конструкции, кг/м³; V – объем конструкции, м³; t_0 – начальная температура конструкции, °C; t_{cp} – средняя температура конструкции после z часов, °C.

На рис. 1 показан план-схема одноэтажного здания, в центре которого расположена теплоаккумулирующая конструкция из тяжелого бетона плотностью 2350 кг/м³ (выделена жирной линией) в виде квадрата со стороной 500 см. Она может выполнять также функцию ядра жесткости в зданиях многоэтажных или повышенной этажности (более 20 этажей) по ствольной конструктивной системе.

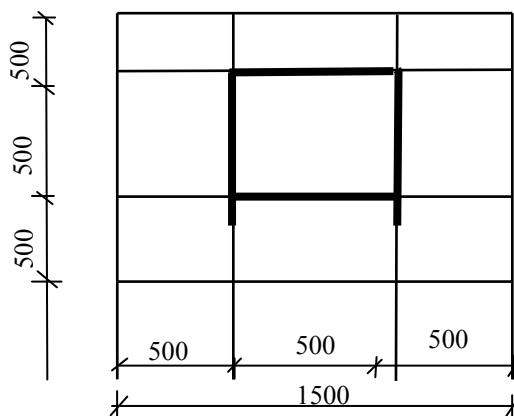


Рис. 1. План-схема одноэтажного здания с внутренней теплоаккумулирующей конструкцией

Примем начальную температуру конструкции t_0 , равную температуре воздуха помещения t_b до момента отключения отопления, $t_0 = t_b = 22^\circ\text{C}$, перерыв в работе системы отопления $z = 12$ ч, а толщину конструкции $\delta = 0,2$ м. Эта конструкция имеет признаки тонкой пластины, так как величина тепловой инерции $D = R \cdot S$ половины ее толщины для условий эксплуатации А меньше 1 ($D = 0,1 \cdot 16,27 / 1,74 = 0,94$). Тогда объем пластины при общей ее длине 20 м и высоте 3 м составит 12 м³ (см. рис.1).

Учитывая ранее принятое условие, когда τ_b сразу становится равной t_b , зададимся конечной температурой помещения $t_b = 15^\circ\text{C}$. Величину t_{cp} в формуле (2) и величину средней по объему температуры пластины θ_{cp} найдем на основании зависимостей, представленных в [4]:

$$\theta_{cp} = (t_{cp} - \tau_b) / (t_0 - \tau_b) = (t_{cp} - 15) / (22 - 15), \quad (3)$$

$$\theta_{cp} = f(F_o) \text{ (рис.2)}, \quad (4)$$

где критерий Фурье $F_o = 8,8 \cdot 10^{-4} \cdot 12 / 0,1^2 = 1,06$, а коэффициент температуропроводности для тяжелого бетона $\alpha = 8,8 \cdot 10^{-4}$ м²/ч. Тогда количество теплоты, отданной конструкцией за время перерыва в работе системы отопления, найдется из уравнения (2).

Однако осуществление такого процесса охлаждения пластины в реальных условиях эксплуатации здания представляется труднореализуемой задачей из-за необходимости достижения чрезвычайно высокой скорости обдува конструкции, требующей больших затрат энергии. Существенно меньшая величина энергии характерна для случая «краевой задачи», когда критерий Био $0,1 < Bi < 100$.

Как известно, «краевую задачу» можно свести к «внутренней задаче», приняв для так называемого эквивалентного слоя конструкции линейное распределение температуры, а за характерный ее размер не l , а $l + \lambda/\alpha$. Тогда критерий Фурье примет вид

$F_o = \alpha \cdot z / (l + \lambda/\alpha)^2$. Коэффициент конвективного теплообмена α в критерии Фурье при обдуве поверхности воздухом найдем по формуле [4]

$$\alpha = 3,94 (v/x)^{0,5}, \quad (4)$$

где v – скорость, м/с, приточных вентиляционных струй; x – характерное сечение от начала вентиляционной струи (в данном случае за x можно принять половину высоты теплоаккумулирующей конструкции, т.е. $x = 1,5$ м).

$$\alpha = 3,94 (v/1,5)^{0,5}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}),$$

$$F_o = 8,8 \cdot 10^{-4} \cdot 12 / (0,1 + 1,74/\alpha)^2.$$

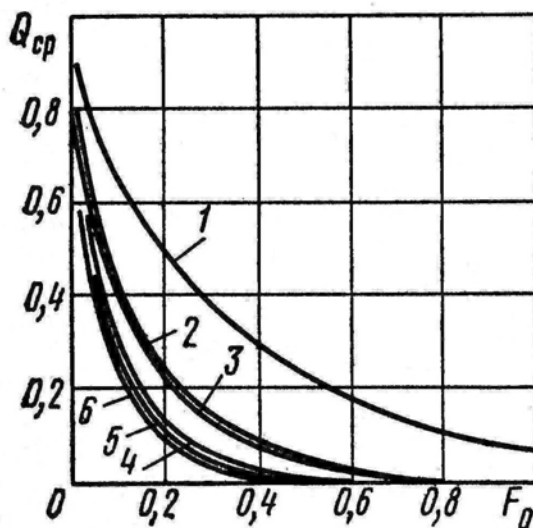


Рис. 2. Изменение во времени относительной избыточной температуры (средней по объему) θ_{cp} для простейших тел различной формы в условиях внутренней задачи [2]:

- 1 – пластина; 2 – призма квадратного сечения; 3 – цилиндр; 4 – куб;
5 – цилиндр высотой в диаметр; 6 – шар

После определения величины θ_{cp} (см. рис.2) количество теплоты, отданное конструкцией воздуху помещений в соответствии с уравнением (2), будет равно:

$$Q_{ак} = 0,84 \cdot 2350 \cdot 12 (22 - t_{cp}), \text{ кДж},$$

где t_{cp} , °C, найдется из уравнения (3).

Представляет интерес сравнение этой величины с количеством теплоты, которая поступает в помещение из системы отопления за отопительный период Q_h^y длительностью 206 суток (г. Пенза). Приведенные сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций приняты равными их нормативным значениям.

В таблице приведены результаты расчета величины Q_h^y и других промежуточных теплоэнергетических показателей: приведенного коэффициента теплопередачи через наружные ограждающие конструкции здания K_m^{tr} , Вт/(м²·°C), условного коэффициента теплопередачи здания, учитывающего теплопотери за счет вентиляции и инфильтрации K_m^{inf} , Вт/(м²·°C), а также тепlopоступления, МДж, бытовые Q_{int} и через окна от солнечной радиации Q_s , общие теплопотери здания Q_h в течение отопительного периода.

Теплоэнергетические показатели здания

K_m^{tr}	K_m^{inf}	K_m	Q_{int}	Q_s	Q_h	Q_h^y
0,335	0,240	0.575	31906,5	40917.8	160202,1	101942,7

Среднее количество теплоты, поступающей из системы отопления за время 12 ч, найдем как

$$Q_{it}^y / (206 \cdot 2) = 101942,7 / 412 = 247,43 \text{ МДж} = 247430 \text{ кДж.}$$

Таким образом, уточняется методика, позволяющая на примере конкретного здания с теплоаккумулирующей конструкцией в зависимости от скорости обдува ее поверхности:

- приближенно определить количество теплоты, выделяемой теплоаккумулирующей конструкцией в воздушную среду помещения за период отключения отопления;
- сравнить найденное количество теплоты с тем ее количеством, которое поступает из системы отопления за время отключения системы отопления.

С увеличением скорости воздушной струи повышается и теплоотдача с поверхности конструкции. К сожалению, возрастут и затраты энергии на создание обдува.

Список литературы

1. Береговой, А.М. Теплоаккумулирующие свойства материалов и конструкций в процессах формирования теплового режима помещений / А.М. Береговой, А.П. Прошин, В.А. Береговой // Известия высших учебных заведений. Строительство.– 2002. – №7. – С. 4–6.
2. Береговой, А.М. Формирование теплового режима «здоровых» зданий с ограждениями различной тепловой инерции / А.М. Береговой // Региональная архитектура и строительство. – 2008. – №2. – С. 41–46.
3. Лыков, А.В. Теоретические основы строительной теплофизики / А.В. Лыков. – Минск: АН БССР, 1961.– 520 с.
4. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика / В.Н. Богословский. – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.

References

1. Beregovoy, A.M. Heat storage properties of materials and structures in the formation of a thermal mode of rooms / A. M. Beregovoy // News of higher educational institutions. Construction. – 2002. – № 7. – P. 4–6.
2. Beregovoy, A.M. The formation of the thermal regime of «healthy» buildings with external enclosure structures of different thermal inertia / A. M. Beregovoy // Regional architecture and engineering. – 2008. – №2. – P. 41–46.
3. Lykov, A.V. Theoretical foundation of building thermophysics / A.V. Lykov. – Minsk: AN BSSR, 1961.– 520 p.
4. Bogoslovsky, V.N. Building thermophysics / V.N. Bogoslovsky. – M.: Vysshaya shkola, 1982. – 415 p.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Кочеткова Майя Владимировна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Управление качеством
и технология строительства»
E-mail: M.V.Kochetkova@mail.ru

Симутина Наталья Николаевна,
магистрант

Чернышова Нина Александровна,
студентка

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Kochetkova Maya Vladimirovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of
the department «Quality management and
technology of building production»
E-mail: M.V.Kochetkova@mail.ru

Simutina Nataliya Nikolaevna,
Undergraduate

Chernyshova Nina Alexandrovna,
Student

ПРИЧИНЫ НИЗКОГО КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

М.В. Кочеткова, Н.Н. Симутина, Н.А. Чернышова

Показаны причины низкого качества выпускаемой строительной продукции и предложены способы его улучшения.

Ключевые слова: качество строительной продукции, нормативная документация, рабочий контроль при создании строительной продукции

REASONS OF LOW QUALITY CONSTRUCTION PRODUCTS

M.V. Kochetkova, N.N. Simutina, N.A. Chernyshova

Reasons of low quality of construction products and ways to improved are show.

Keywords: quality of construction products, regulatory documents, control in the creation of construction products

В рыночных условиях повышается ответственность организаций, производящих материалы, изделия и конструкции для возведения зданий и сооружений, за качество создаваемой строительной продукции. При государственной монополии позитивно сказывалось на качестве снижение государственного контроля за производством в части соответствия продукции утвержденным стандартам. На стройки поступало значительное количество брака, обусловленное дефицитом, присущим государственной системе управления производством. На качестве строительной продукции жесткая государственная плановая система сказывалась негативно. План обязывал сделать объект в установленный срок, что в условиях дефицита материалов и рабочей силы неизбежно приводило к спешке, к браку, к необоснованной замене запроектированных материалов материалами сомнительного качества.

В условиях рынка дефицит почти исчез, но появилось много стройматериалов, не всегда отвечающих требованиям стандартов. Однако эти материалы успешно продвигаются на рынок благодаря эффективной рекламе. Строитель, привыкший доверять всему, что написано или показано, и не перестроивший эти привычки к условиям рынка, покупает эти материалы и обманывается. Заказчик же стал более требователен к качеству и завершенности объекта, а его юристы все чаще прибегают к санкциям за брак или за срыв договорных сроков. В результате все чаще возникают судебные разбирательства в цепочке «поставщик материалов – строитель – заказчик».

В этой ситуации в значительной степени возрастает роль стандартов, сертификатов соответствия, СНиПов, ясных и точных договоров на поставку и т.п. На заводах стройматериалов это технологические регламенты, сменные журналы производства, данные систематических лабораторных испытаний применяемых материалов, акты

приемки готовой продукции и сведения об условиях ее хранения. На строительных объектах часто применяют техническую документацию без ее входного контроля. Чертежи иногда имеют лишь одну подпись – исполнителя – и не имеют исчерпывающей информации о качестве стройматериалов, необходимой для реализации проекта. На объектах не проводят лабораторных испытаний применяемых материалов, в частности раствора, бетона, смесей, мастик и т.п., в то время как данные о результатах этих испытаний нужно заносить в журналы производства работ и в акты на скрытые работы. Сами журналы заполняют не в полном объеме и не ежедневно, а часто журналов и вовсе нет. Акты на скрытые работы составляют очень редко и, как правило, «задним числом», с неполной информацией. Не проводят испытаний и не оформляют актами законченные системы и комплексы готовой строительной продукции.

Так обстоят дела у генподрядчиков. У субподрядчиков исполнительную документацию ведут еще хуже. Генподрядчик обязан влиять на недисциплинированность субподрядчиков, однако эту свою контрольную функцию он выполняет очень плохо.

При рассмотрении в арбитражных судах спорных вопросов по качеству примененных стройматериалов между изготовителем и строительной организацией бывает невозможно доказать, что примененный материал является несертифицированным, что и приводит к браку созданной строительной продукции из-за отсутствия четкого и ясного договора на поставку материалов, а также исполнительной документации в полном объеме.

В качестве одной из мер наведения порядка в этом весьма важном вопросе является техническая переподготовка всех служб: руководителей строительных фирм, снабженцев и линейных работников на знание технических норм, стандартов, сертификатов соответствия, на умение грамотно и обоснованно составлять и подписывать контракты на поставку строительных материалов, полуфабрикатов, конструкций и деталей.

Для примера хотелось бы остановиться на одном аспекте монтажно-укладочных операций, влияющем на качество готовой строительной продукции. Он касается качества укладочных операций, состояния разбивочных осей и соблюдения допусков и посадок по запроектированным размерам. Так, отделочные работы трудно выполнить без предварительной разбивки и фиксирования отделочных плоскостей маяками или марками. Такие же трудности возникают и при устройстве полов, особенно монолитных, наливных и других типов с тонким отделочным покрытием.

Основные размеры здания определяются в результате геодезической разбивки с помощью геодезических осей. Однако мелкие размеры назначают, отталкиваясь от более крупных строительных элементов. Так, качество отделки помещений различного назначения зависит от геометрии отделочных плоскостей, т.е. от того, как строго они вертикальны (горизонтальны), прямолинейны, насколько четки линии сопряжений их плоскостей.

Для достижения этой цели перед оштукатуриванием поверхности стен и потолков провешивают, т.е. находят положения отделочных плоскостей при минимальной толщине штукатурного намета и фиксируют их марками и маяками. Операция по провешиванию является составной частью процесса оштукатуривания. Однако на практике такое позднее провешивание приводит к браку. Действительно, до оштукатуривания сантехники монтируют приборы отопления и их обвязку из труб, плотники устанавливают дверные и оконные блоки, электрики делают проводку с монтажом выключателей, розеток, разветвительных коробок и т.д. При этом сантехники должны установить трубы в 20 мм от поверхности штукатурки, а подводку к смесителю в ванной, напротив, заглубить в штукатурку, при этом муфту для подключения смесителя вывести на ее поверхность (или на поверхность облицовки) с точностью до 1 мм. Плотники устанавливают дверную коробку так, чтобы ее поверхность со стороны петель была бы в плоскости поверхности штукатурки. У электриков все верхние кромки коробок, розеток, выключателей должны также находиться в отделочной плоскости.

Запаздывание провешивания приводит к тому, что в оштукатуренных помещениях можно видеть втянутые в стены дверные коробки вместе с наличниками, вылезшие из стен или, наоборот, вмозанные в них трубы, выключатели и другие приборы.

На наш взгляд, такое «монопольное» право на провешивание поверхностей у штукатуров нужно отнять и из норм исключить. Эту работу следует передать специально

обученному высококвалифицированному рабочему, а точнее – звену из 2–3 человек, входящему в состав геодезической службы строительного управления или фирмы.

Провешивание следует выполнять по мере возведения этажа здания. Одновременно по периметру всех стен и перегородок нужно нанести высотную отметку, например, на уровне 1 м от чистого пола. Это позволит выполнять работы разного характера, не занимаясь многократной разметкой по вертикали, а пользуясь единой установленной. Так, высотной отметкой пользуются при установке радиаторов отопления, подоконников, перемычек, водоразборной арматуры, при устройстве чистого пола и др. Многократные измерения в подобных случаях приводят к неизбежным ошибкам, вызывающим появление брака, не всегда устранимого. Так, на лестничных площадках можно видеть, что полы, примыкающие к входам в лифты, особенно когда они сделаны до монтажа лифтов, настланы выше или ниже входной рамы лифта, т.к. делали их машиностроители, а не обычные строители.

Все геодезические измерения целесообразно оформлять актом, который поможет быстрее выявить виновника строительного брака.

Список литературы

1. Аюпова, З.В. Качество строительной продукции и его стимулирование / З.В. Аюпова, Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – №3(47). – С. 193–195.
2. Гусев, Н.И. Контроль качества материалов, изделий и конструкций при их приемке / Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова, Е.С. Алёнкина // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – №11(43). – С. 23–26.
3. Алёнкина, Е.С. Контроль и оценка качества строительно-монтажных работ / Е.С. Алёнкина, Н.И. Гусев // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – №5(37). – С. 17.
4. Гончаренко, О.А. Виды и методы контроля качества строительных работ защитно-отделочного цикла / О.А. Гончаренко, М.В. Кочеткова // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – №5(37). – С. 18.
5. Гусев, Н.И. Пооперационный контроль структурообразования в растворных и бетонных смесях / Н.И. Гусев, М.В. Кочеткова, К.С. Паршина // Современные научные исследования и инновации. – 2014. – №8(40). – С. 74–76.

References

1. Aiupova, Z.V. The quality of construction products and it incentives / Z.V. Aiupova, N.I. Gusev, M.V. Kochetkova // Modern scientific research and innovation. – 2015. – №3 (47). – P 193–195.
2. Gusev, N.I. Quality control of materials, products and designs in their acceptance / N.I. Gusev, M.V. Kochetkova, E.S. Alenkina // Modern scientific research and innovation. – 2014. – №11 (43). – P. 23–26.
3. Alenkina, E.S. Monitoring and evaluation of the quality of construction and installation works / E.S. Alenkina, N.I. Gusev // Modern scientific research and innovation. – 2014. – №5 (37). – P.17.
4. Goncharenko, O.A. Types and methods of quality control of construction works protective and finishing cycle / O.A. Goncharenko, M.V. Kochetkova // Modern scientific research and innovation. – 2014. – №5 (37). – P.18.
5. Gusev, N.I. Functional control structure formation in mortar and concrete mixtures / N.I. Gusev, M.V. Kochetkova, K.S. Parshina // Modern scientific research and innovation. – 2014. – №8 (40). – P. 74–76.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Снежкина Ольга Викторовна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Математика и математическое
моделирование»

Скачков Юрий Петрович,
доктор технических наук, ректор,
профессор кафедры «Строительные
конструкции»

Киселев Артем Анатольевич,
аспирант

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Snezhkina Olga Viktorovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor
of the department «Mathematics and
mathematical modeling»

Skachkov Yuriy Petrovich,
Doctor of Sciences, Rector, Professor of the
department «Building structures»

Kiselev Artem Anatolyevich,
Postgraduate

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК СО СРЕДНИМ ПРОЛОТОМ СРЕЗА

О.В.Снежкина, Ю.П. Скачков, А.А. Киселев

Проведена оценка метода расчета прочности железобетонных балок с границами пролета среза a/h_0 от 1 до 1,5 на основе экспериментальных данных.

Ключевые слова: железобетонные балки, короткие элементы, схемы разрушения, оценка прочности

ASSESSMENT OF STRENGTH OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH AN AVERAGE SPAN OF SECTION

O.V. Snezhkina, Yu.P. Skachkov, A.An. Kiselev

Method for calculating the strength of reinforced concrete beams with span of section a/h_0 1 to 1.5 based on experimental data has been evaluation.

Keywords: reinforced concrete beams, short elements, schemes of destruction, assessment of strength

В соответствии со Строительными Нормами РФ расчет прочности железобетонных балок при $a/h_0 \leq 1$ производится на основе каркасно-стержневой модели (КСМ), при $a/h_0 > 1$ – по наклонным и нормальным сечениям.

Прочность коротких балок при действии поперечных сил в соответствии с каркасно-стержневой моделью определяется прочностью условно выделенных наклонных полос бетона, в пределах которых концентрируются потоки главных сжимающих напряжений. Величина разрушающей силы без учета работы поперечной арматуры определяется в виде:

$$F \leq 2 \varphi_b \gamma_b R_b b l_b \sin \alpha, \quad (1)$$

где F – внешнее усилие; γ_b – опытный коэффициент; φ_b – коэффициент, учитывающий влияние бетона, окружающего расчетную полосу; l_b – ширина расчетной наклонной полосы бетона.

Прочность растянутой зоны

$$F \leq \gamma_s R_s A_s \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

где F – внешнее усилие; γ_s – опытный коэффициент; A_s – площадь растянутой продольной арматуры.

Расчет железобетонных балок без поперечной арматуры при $a/h_0 > 1$ на действие поперечной силы для обеспечения прочности по наклонной трещине должен производиться по наиболее опасному наклонному сечению:

$$Q \leq \varphi_{b2} R_{bt} b h_0^2 / c \quad (3)$$

(принимают не более $2,5 R_{bt} b h_0$ и не менее $0,5 R_{bt} b h_0$).

Расчет железобетонных изгибаемых балок по нормальному сечению производится исходя из условия

$$M \leq R_b b x (h_0 - 0,5x). \quad (4)$$

Расчетные зависимости при опытных разрушающих усилиях приведены на рис. 1. Зависимостями 3, 4 существенно занижается прочность балок с пролетом среза от 1 до 1,5. Таким образом, для целого класса балок со средним пролетом среза (от 1 до 1,5) нет методик расчета, которые отражали бы физическую работу конструкций [1, 2, 3].

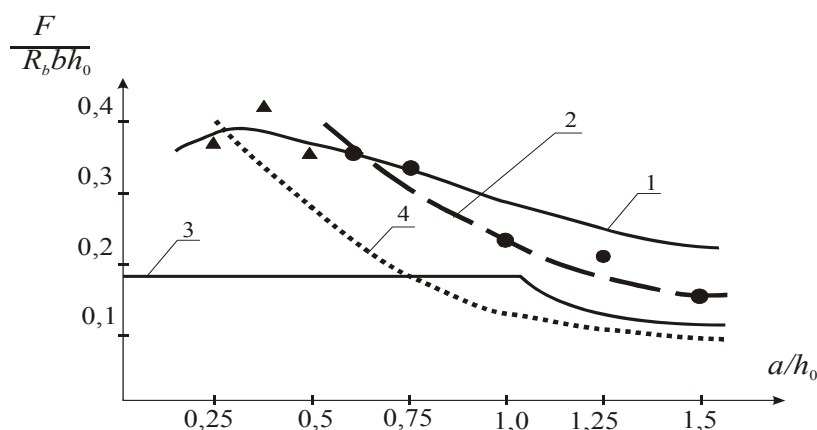


Рис. 1. График сопоставления методов расчета прочности коротких балок при изменении пролета среза:

- 1 – по зависимости (1) КСМ; 2 – по зависимости (2) КСМ;
3 – по зависимости (3) СНИП; 4 – по зависимости (4) СНИП

Сравнительный анализ методов расчета прочности железобетонных балок с пролетом среза от 1 до 1,5 проводился исходя из:

- обеспечения преемственности с существующим методом расчета прочности коротких балок (границы которых определены весьма условно);
- особенностей напряженно-деформированного состояния (НДС).

Методы расчета прочности оценивались при натурных испытаниях. Расширение границ класса коротких элементов возможно, так как с увеличением пролета среза от 1 до 1,5 (так же, как и в балках с малым пролетом) основную роль в балках играют главные сжимающие и растягивающие напряжения (траектории концентрируются в наклонные и горизонтальный потоки) с уточнением ряда характерных различий. С увеличением a/h_0 до 1,5 происходит изменение характера НДС: прежде всего, уменьшается ширина расчетной сжатой полосы бетона; одновременно уменьшается угол наклона расчетной полосы. Это хорошо согласуется с расчетными зависимостями, полученными в соответствии с каркасно-стержневой моделью (принцип построения не изменяется). Таким образом, метод расчета прочности на основе КСМ в полной мере описывает характер НДС, обеспечивает преемственность существующего метода расчета и отражает закономерности изменения разрушающей силы при изменении пролета среза $1 < a/h_0 \leq 1,5$.

Исходя из методологических основ анализа и синтеза сложных многокритериальных систем [4,5,6] дана оценка влияния изменения пролета среза на прочность железобетонных балок по результатам экспериментальных исследований.

С увеличением длины балок при изменении пролета среза a/h_0 от 0,25 до 1,5 прочность балок (разрушившихся по сжатой зоне) уменьшается. Характер работы балок приобретает некоторые особенности, однако, в целом, принцип работы балок с

a/h_0 от 1 до 1,5 не изменяется (по сравнению с балками с $a/h_0 \leq 1$). Изменение прочности по сжатой наклонной бетонной полосе по расчетной зависимости (1) для балок с $a/h_0 \leq 1,5$ приводится на рис. 2. Объяснить снижение прочности балок с пролетом среза a/h_0 от 1 до 1,5 можно уменьшением угла наклона расчетной полосы с одновременным уменьшением ширины наклонной полосы при увеличении значений a/h_0 .

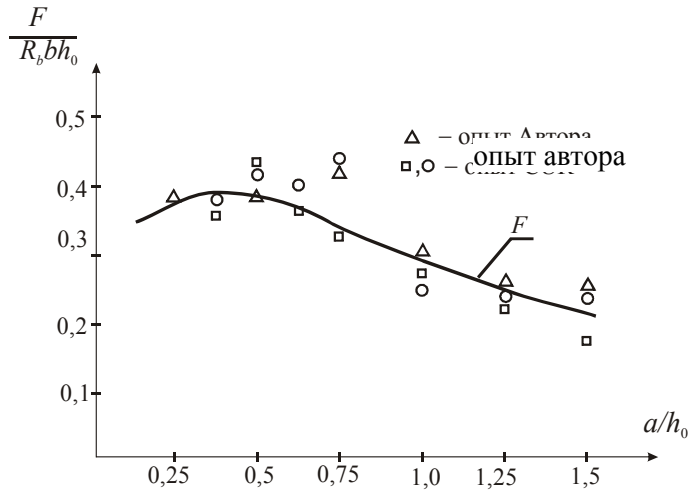


Рис. 2. График изменения расчетной разрушающей силы по зависимости (1) при изменении пролета среза

Для повышения степени обоснованности расчетных зависимостей на рис. 2 приведены результаты испытаний, проведенных в ПГУАС и в институте Голландии CUR [7,8]. Максимальное отклонение опытных и расчетных величин: при пролете среза a/h_0 от 0,25 до 1 в сторону завышения составляет 1,19, в сторону занижения – 0,97, при пролете среза a/h_0 от 1 до 1,5 в сторону завышения – 1,06, в сторону занижения – 0,95. В среднем соответствующее отклонение составляет 8 % при $a/h_0 \leq 1$ и 1 % – при a/h_0 от 1 до 1,5. Предлагаемая расчетная зависимость в большей степени согласуется с опытными данными при пролете среза a/h_0 от 1 до 1,5.

Для образцов, разрушившихся по растянутой зоне, с увеличением длины балок и пролета среза a/h_0 от 0,25 до 1,5 прочность балок уменьшается (принцип работы балок с a/h_0 от 1 до 1,5 остается таким же, как и балок с $a/h_0 < 1$). Изменение прочности по растянутой зоне балок по расчетной зависимости (2) для балок с $a/h_0 \leq 1,5$ приводится на рис. 3. Среднее отклонение опытных и расчетных величин не превосходит 20 %.

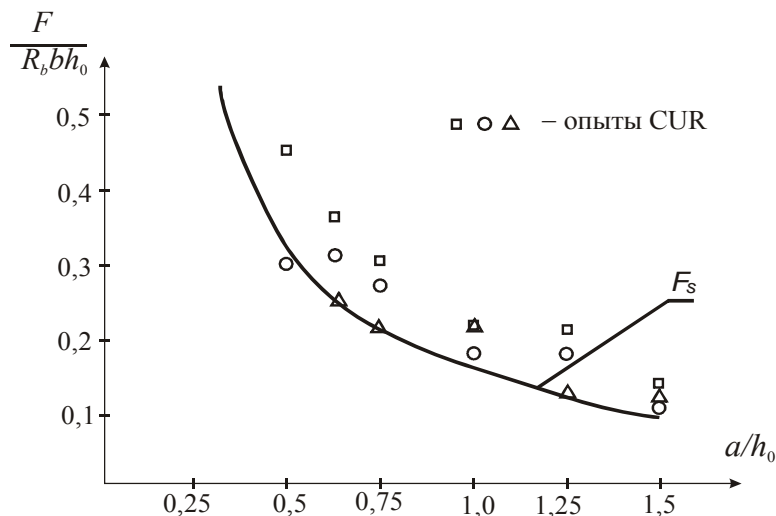


Рис. 3. График изменения расчетной разрушающей силы по зависимости (2) при изменении пролета среза

Выводы

1) Выявлен характер изменения положения наклонных участков, в пределах которых концентрируются главные сжимающие напряжения при увеличении пролета среза до 1,5. Особенность заключается в том, что при увеличении пролета среза снижается угол главных сжимающих напряжений, уменьшается ширина наклонного участка, в пределах которого происходит концентрация главных сжимающих напряжений.

2) Доказывается возможность расширения границ определения коротких балок по показателю пролета среза a/h_0 до 1,5. Обоснованием служит тот факт, что в балках с пролетом среза от 1 до 1,5 прочность определяется главными сжимающими и главными растягивающими напряжениями, как и в балках с $a/h_0 \leq 1$.

3) В балках с пролетом среза a/h_0 от 1 до 1,5, так же, как и в балках с $a/h_0 \leq 1$, выявлены два вида разрушения – разрушение по наклонной сжатой бетонной полосе и по растянутому арматурному поясу.

4) Надежность предлагаемого метода расчета прочности коротких балок при расширении границ до $a/h_0 \leq 1,5$ подтверждена экспериментальными исследованиями.

5) Методы расчета прочности балок используются в учебном процессе при чтении лекций, выполнении курсовых и дипломных работ.

Список литературы

1. Определение схем разрушения и трещинообразования коротких железобетонных балок по экспериментальным данным / Ю.П. Скачков, О.В. Снежкина, М.В. Кочеткова, А.В. Корнюхин // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 3. – С. 74–81.

2. Снежкина, О.В. Оценка каркасно-стержневых моделей для определения трещиностойкости балок / О.В. Снежкина, Ю.П. Скачков, Р.А. Ладин // Региональная архитектура и строительство. – 2015. – № 1. – С. 101–104.

3. Моделирование работы коротких железобетонных балок / Т.И. Баранова, Ю.П. Скачков, О.В. Снежкина, Р.А. Ладин // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2014. – № 2 (36). – С. 54–60.

4. Скачков, Ю.П. Модификация метода ПАТТЕРН к решению архитектурно-строительных задач / Ю.П. Скачков, А.М. Данилов, И.А. Гарькина // Региональная архитектура и строительство. – 2011. – №1(10). – С.4–9.

5. Danilov, A. Systems approach to the modeling and synthesis of building materials / A.Danilov, I.Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 5. – P. 219–225. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.517>

6. Danilov, A. Coherence function in analysis and synthesis of complex systems / A.Danilov, I.Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 9. – P. 375–380. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5236>

7. Shein, A.I. Numerical study of short reinforced concrete beams / A.I. Shein, O.V. Snezhkina, R.A. Ladin // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 9. – P.361–365. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5246>

8. Корнюхин, А.В. Экспериментально-теоретические исследования толстых плит: монография / А.В. Корнюхин, М.В. Кочеткова, О.В. Снежкина. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 132 с.

References

1. Definition of schemes and destruction cracking short concrete beams experimental data / Y.P. Skachkov, O.V. Snezhkina, M.V. Kochetkova, A.V. Korniyuhin // Regional architecture and engineering. – 2013. – No 3. – P. 74–81.

2. Snezhkina, O.V. Estimation of frame-and-rod models for the determination of fracture toughness of beams / O.V. Snezhkina, Y.P. Skachkov, R.A. lading // Regional architecture and engineering. – 2015. – № 1. – P. 101–104.

3. Modeling work of short reinforced concrete beams / T.I. Baranova, Y.P. Skachkov, O.V. Snezhkina, R.A. Ladin // Siberian Russian state automobile and road Academy. – 2014. – № 2 (36). – P. 54–60.
4. Skachkov, Y.P. Modification of the method of PATTERN to the solution of the architecture-and-construction issues / Y.P. Skachkov, A.M. Danilov, I.A. Garkina // Regional architecture and engineering. – 2011. – №1(10). – P.4–9.
5. Danilov, A. Systems approach to the modeling and synthesis of building materials / A.Danilov, I.Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 5. – P. 219–225. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.517>
6. Danilov, A. Coherence function in analysis and synthesis of complex systems / A.Danilov, I.Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 9. – P. 375–380. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5236>
7. Shein, A.I. Numerical study of short reinforced concrete beams / A.I. Shein, O.V. Snezhkina, R.A. Ladin // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 9. – P.361–365. URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5246>
8. Korniyuhin, A.V. Experimental and theoretical investigation of thick plates: monography / A.V. Korniyuhin, M.V. Kochetkova, O.V. Snezhkina. – Penza: ПГУАС, 2013. – 132 p.

ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ

ENGINEERING SYSTEMS

УДК 519.7

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Данилов Александр Максимович,
доктор технических наук, профессор,
советник РААСН, зав. кафедрой
«Математика и математическое
моделирование»
E-mail: fmatem@pguas.ru

Penza State University of Architecture
and Construction

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Danilov Alexander Maksimovich,
Doctor of Sciences, Professor, Adviser of the
Russian Academy of Architectural and
Construction Sciences, Head of the department
«Mathematics and Mathematical Modeling»
E-mail: fmatem@pguas.ru

ЭРГАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ: НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ, ЛИНЕАРИЗАЦИЯ, СТРУКТУРИЗАЦИЯ, ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ

А.М. Данилов

Производится учет неопределенностей в описании динамических систем, линейризация уравнений движения. Рассматриваются возможные преобразования структурной схемы целостной эргатической многоканальной системы управления по одному из каналов.

Ключевые слова: эргатические системы, когнитивное моделирование, линейные модели, учет неопределенностей, структуризация, оценка параметров

ERGATIC SYSTEMS: UNCERTAINTIES, LINEARIZATION, STRUCTURING, PARAMETER ESTIMATION

A.M. Danilov

Recording of uncertainties in the description of dynamical systems, linearization of the equations of motion are done. The possible transformation of the block diagram of an integrated multi-channel ergatic sistem control for each channel of control is considered.

Keywords: ergatic system, cognitive modeling, linear models, uncertainties, structuring, evaluation of parameters

Решение многих практических задач при проектировании эргатических систем связано с разработкой эффективных, удобных в применении и доступных инженерных методов анализа протекающих в них процессов. Особенно это относится к анализу и синтезу нестационарных систем. Пока не удастся избежать и трудностей математического характера: дифференциальные уравнения с переменными коэффициентами не интегрируются в квадратурах; необходимость использования методов приближенных вычислений. Неизмеримо они возрастают при переходе к вероятностным моделям. В связи с большим разнообразием решаемых задач *актуальной* является

разработка единого подхода к рассмотрению как стационарных, так и нестационарных систем в рамках теории непрерывных линейных систем.

При описании линейными моделями объект должен быть линейным, хотя бы приближенно. Модель описывается некоторым числом параметров. Их значения должны быть выбраны так, чтобы, подавая на вход модели тот же входной сигнал, что и на вход объекта, можно было получить на ее выходе сигнал, отличающийся как можно меньше от того, который наблюдается на выходе объекта. Модель не должна содержать источников шумов, некоррелированных с соответствующими шумами объекта (при усреднении они только увеличат среднеквадратичное значение между выходными сигналами). Обычно можно предполагать, что информация, содержащаяся в конечных во времени реализациях на входе и выходе, позволяет определить передаточные функции объекта. Как правило, на выходной сигнал объекта накладывается шум (рис. 1, 2); источники шума имеются как в самом объекте, так и в измерительных приборах.



Рис. 1. Структура сигналов в реальной системе:
 $x(t)$ – входной сигнал объекта; $y(t)$ – неслучайная часть выходного сигнала;
 $n(t)$ – случайная часть выходного сигнала

Разность между выходными сигналами реальной системы и модели определится в виде

$$l(t) = y(t) + n(t) - q(t).$$

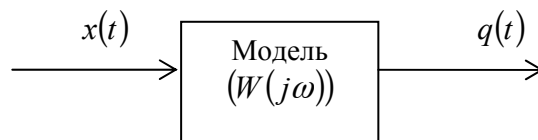


Рис.2. Линейная модель:
 $x(t)$ – входной сигнал; $q(t)$ – выходной сигнал

Передаточная функция модели $W(j\omega)$ зависит от некоторых параметров a_i . После подстройки параметров определится наилучшая из практически реализованных моделей. Естественно, *модель никогда не будет абсолютно точной: помехи и конечность времени наблюдения сделают ее параметры до некоторой степени неопределенными*. Поэтому актуальны оценка неопределенности произвольного параметра и получение аналитических зависимостей, связывающих неопределенность параметров с основными факторами при решении задачи синтеза модели. Эти зависимости могут использоваться для ответа на вопросы:

- каким должен быть период наблюдения для получения заданной точности модели;
- при каких входных сигналах достигается наименьшая неопределенность в значениях параметров?

Что же касается природы входного сигнала, то на этом этапе никакие специальные предположения не требуются.

Если сигналы полностью известны, то не важно, генерируются они детерминированным или случайным источником. Можно показать, для случайных сигналов на входе объекта не требуется записей отдельных реализаций, а достаточно знать статистические характеристики источника этих сигналов. *В качестве меры неопределен-*

ности значения параметра естественно принять среднеквадратичное значение дисперсии параметра a_i , а именно:

$$\overline{da_i^2} = \frac{2\pi}{T} \frac{\int_{-\infty}^{\infty} d\omega \cdot S_{xx}(\omega) \cdot S_{nn}(\omega) \cdot \left[\left(\frac{\partial W(j\omega)}{\partial a_i} \right)_{a_{i0}} \right]^2}{\left[\int_{-\infty}^{\infty} d\omega \cdot S_{xx}(\omega) \cdot \left| \left(\frac{\partial W(j\omega)}{\partial a_i} \right) \right|^2 \right]^2},$$

где a_i – i -й параметр в передаточной функции модели $W(j\omega)$; a_{i0} – значения параметров $W(j\omega)$, при которых модель и объект оказываются идентичными (фактически определенные значения параметров a_i); $da_i = a_i - a_{i0}$ – отклонения параметров; $\overline{da_i^2}$ – среднеквадратичное значение дисперсии параметра, S_{xx} – спектральная плотность $x(t)$; S_{nn} – спектральная плотность $n(t)$.

Как видим:

- входной сигнал $x(t)$ должен быть мощным и, насколько это возможно, лежать в частотном диапазоне, определяемом функцией влияния параметра;
- выходной шум должен быть слабым и, по возможности, находиться вне указанного выше диапазона;
- предпочтительнее пользоваться большим временем наблюдения T (неопределенность обратно пропорциональна квадратному корню из T).

Непосредственно из предыдущего вытекает необходимость:

- математического определения понятия непрерывной линейной системы (с сосредоточенными параметрами) и классификации процессов, протекающих в системе;
- преобразования исходной системы уравнений динамики к видам, удобным для расчета и анализа процессов (в том числе к одному линейному дифференциальному уравнению (порядок совпадает с порядком исходной системы));
- разработки методов определения характеристик линейной (как колебательной, так и апериодической) системы; свободные колебания стационарных систем могут определяться на базе обобщенного характеристического уравнения.

Что касается *вынужденных колебаний*, то при их исследовании, как правило, сложность решения зависит от того, являются ли они следствием детерминированных или случайных воздействий. Наиболее сложный класс представляют собой системы со случайными параметрами. Эти вопросы наиболее четко проявляются при анализе и синтезе любых эргатических систем (в том числе при разработке комплексов для подготовки операторов).

При идентификации целостной эргатической системы основная трудность состоит в переходе от описательных структурных схем к формализуемым. Она связана с организмическим принципом управления (объект предопределяет поведение оператора; управление организмически оптимально). Часто по каждому из каналов управления многоканальной системы ее структурную схему в соответствии с уравнениями движения [1] можно привести к виду, изображенному на рис. 3, и преобразовать к виду, приведенному на рис. 4. Выпуклыми и достаточно ясными становятся трудности, возникающие при формализации эргатической системы в терминах автоматического регулирования. Они состоят в составлении уравнения замыкания и в определении некоторой эквивалентной передаточной функции $W_{oc}(p)$, характеризующей связь мысленного образа $Q_{вых}$ выходной координаты y .

Нетрудно видеть, что предлагаемая на рис. 4 структурная схема является лишь детализацией схемы, приведенной на рис. 3.

Действительно, в результате структурных преобразований схемы 4 легко получить схему, приведенную на рис. 3.

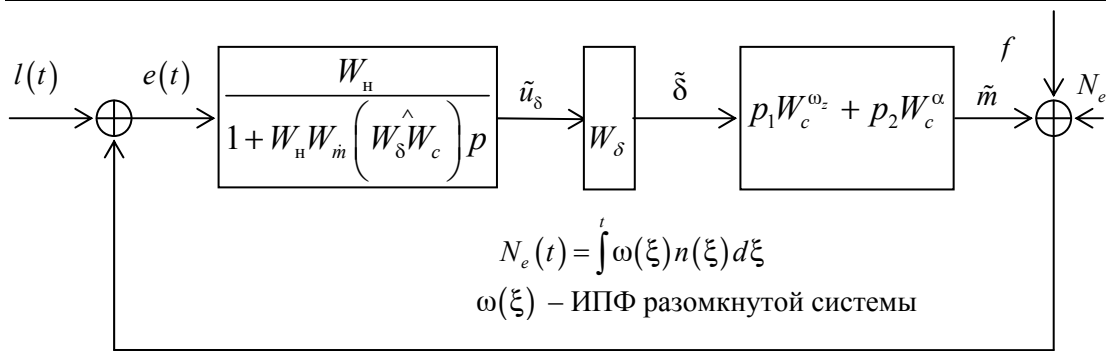


Рис.3

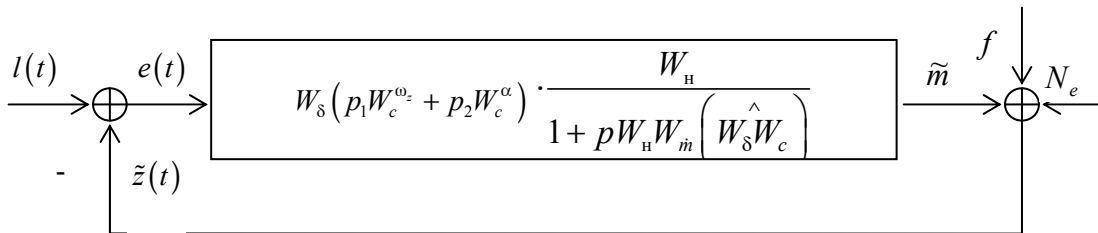


Рис.4

Из сравнения схем следует:

$$W_1(p) = \frac{W_H}{1 + W_H \dot{W}_m \left(\hat{W}_\delta \hat{W}_c \right) p}$$

Коэффициенты p_1, p_2 характеризуют $W_{oc}(p)$. При необходимости вместо них можно взять более сложные передаточные функции. Проведя приводимые структурные преобразования схемы 4, получим схемы, изображенные на рис. 5, 6.

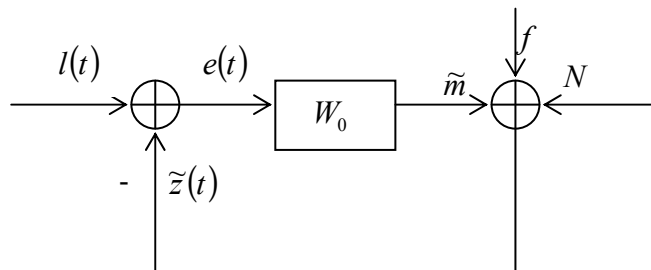
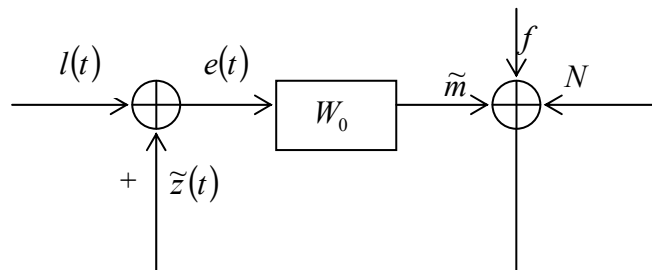


Рис.5



$$z(t) = -\tilde{z}(t); e(t) = z(t) + l(t); -\dot{x}(t) = m_x(t) - x(t) \left(x(t) = m_x(t) + \dot{x}(t) \right)$$

Рис. 6

Сигнал $x(t)$ позволяет определить программное движение и сигнал по его стабилизации. Это дает возможность составить уравнение замыкания: программное движе-

ние задается функцией $m_x(t)$, выходная координата $-x(t)$, а ошибка – функцией $\left(-\dot{x}(t)\right)$. Получили верное равенство

$$x(t) = m_x(t) + \dot{x}(t);$$

эргатическая система оказалась формализованной.

Идентификация передаточной функции W_0 определится из

$$W_0(j\omega) = \frac{S_F(j\omega)}{S_{lx}(j\omega)},$$

где

$$S_F(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} (K_{lx}(t) - K_l(t)) e^{-j\omega t} dt, \quad S_{lx}(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} K_{lx}(t) e^{-j\omega t} dt,$$

$K_{lx}(t), K_l(t)$ – корреляционные функции.

Приближенные значения неизвестных параметров объекта и оператора можно определить по полученной передаточной функции $W_0(j\omega)$ (в соответствии со структурными схемами 5, 6).

Приведенный подход неоднократно использовался на стадии когнитивного моделирования мобильных целостных эргатических систем [2...5].

Список литературы

1. Будылина, Е.А. Приближенные методы декомпозиции при настройке имитаторов динамических систем / Е.А. Будылина, И.А. Гарькина, А.М. Данилов // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 3. – С. 150–156.
2. Гарькина, И.А. Когнитивное моделирование при синтезе композиционных материалов как сложных систем / И.А. Гарькина, А.М. Данилов, Е.В. Королев // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2009. – № 3–4. – С. 30–37.
3. Budylna, E. Approximation of aerodynamic coefficients in the flight dynamics simulator / E. Budylna, A. Danilov // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 10. – P. 415–420. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5256>
4. Budylna, E. Control of multiobjective complex systems / E. Budylna, A. Danilov, I. Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 10. – P. 441–445. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5276>
5. Danilov, A. Coherence function in analysis and synthesis of complex systems / A. Danilov, I. Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 9. – P. 375–380. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5236>

References

1. Budylna, E.A. Approximate decomposition methods when configuring simulators of dynamical systems/ E.A. Budylna, I.A. Garkina, A.M. Danilov // Regional architecture and engineering. – 2013. – № 3. – P. 150–156.
2. Garkina, I.A. Cognitive modeling of composite materials in the synthesis of complex systems like / I.A. Garkina, A.M. Danilov, E.V. Korolev // Proceedings of the higher educational institutions. Building. – 2009. – № 3–4. – P. 30–37.
3. Budylna, E. Approximation of aerodynamic coefficients in the flight dynamics simulator / E. Budylna, A. Danilov // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 10. – P. 415–420. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5256>
4. Budylna, E. Control of multiobjective complex systems / E. Budylna, A. Danilov, I. Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 10. – P. 441–445. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5276>
5. Danilov, A. Coherence function in analysis and synthesis of complex systems / A. Danilov, I. Garkina // Contemporary Engineering Sciences. – 2015. – Vol. 8, № 9. – P. 375–380. – URL: <http://dx.doi.org/10.12988/ces.2015.5236>

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Аверкин Александр Григорьевич,
доктор технических наук, профессор
кафедры «Теплогазоснабжение и
вентиляция»
E-mail: algraw@mail.ru

Ерёмкин Александр Иванович,
доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой «Теплогазоснабжение
и вентиляция»
E-mail: eremkin@pguas.ru

Родионов Юрий Владимирович,
доктор технических наук, профессор,
директор автомобильно-дорожного
института
E-mail: rodionov@pguas.ru

Аверкин Юрий Александрович,
студент

*Penza State University of Architecture
and Construction*
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Averkin Aleksandr Grigorievich,
Doctor of Sciences, Professor of the
department «Heat and Ventilation»
E-mail: algraw@mail.ru

Eremkin Alexander Ivanovich,
Doctor of Sciences, Professor,
Head of the department «Heat and
ventilation»
E-mail: eremkin@pguas.ru

Rodionov Yurii Vladimirovich,
Doctor of Sciences, Professor,
Director of Automobile Engineering Institute
E-mail: rodionov@pguas.ru

Averkin Yurii Aleksandrovich,
student

РАСХОДОМЕР ДЛЯ ПОВЕРКИ СЧЕТЧИКОВ ХОЛОДНОЙ, ГОРЯЧЕЙ ВОДЫ И ГАЗА

А.Г.Аверкин, А.И.Еремкин, Ю.В.Родионов, Ю.А.Аверкин

Представлена конструкция образцового расходомера трубопоршневого типа для поверки счетчиков холодной, горячей воды и газа непосредственно по месту их установки.

Ключевые слова: поверка, счетчик воды, счетчик газа, калиброванная труба, поршень, схема автоматизации

FLOW METER FOR CHECKING COUNTERS OF COLD, HOT WATER AND GAS

A.G. Averkin, A.I. Eremkin, Y.V. Rodionov, Y.A. Averkin

The design of a model turbo piston type meter for checking counters of cold, hot water and gas directly at the place of installation is presented.

Keywords: calibration, water meter, gas meter, polished pipe, the piston, the scheme of automation

На основании Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» обусловлена необходимость осуществления монтажа и ввода в эксплуатацию приборов учета холодной и горячей воды (водосчетчиков) в каждой квартире. По истечении нормативного срока эксплуатации приборов учета (для горячей воды – 4 года, для холодной воды – 6 лет) проводится их поверка, на основании которой выносится заключение о возможности (невозможности) увеличения срока эксплуатации. До недавнего времени повсеместно альтернативным решением являлась покупка собственником жилья новых водосчетчиков и их монтаж по истечении нормативного срока эксплуатации прежних приборов учета, т.к. для поверки собственнику жилья необходимо обеспечить их демонтаж и доставку в специализированную лабораторию на определенный период времени, в течение кото-

рого оплата расхода воды осуществляется по установленным (завышенным) тарифам. Проверка приборов учета удлинена во времени, и ее результат изначально не известен.

Нами разработан образцовый расходомер трубопоршневого типа для поверки счетчиков холодной, горячей воды и газа непосредственно по месту их установки (см. рисунок) [1–3].

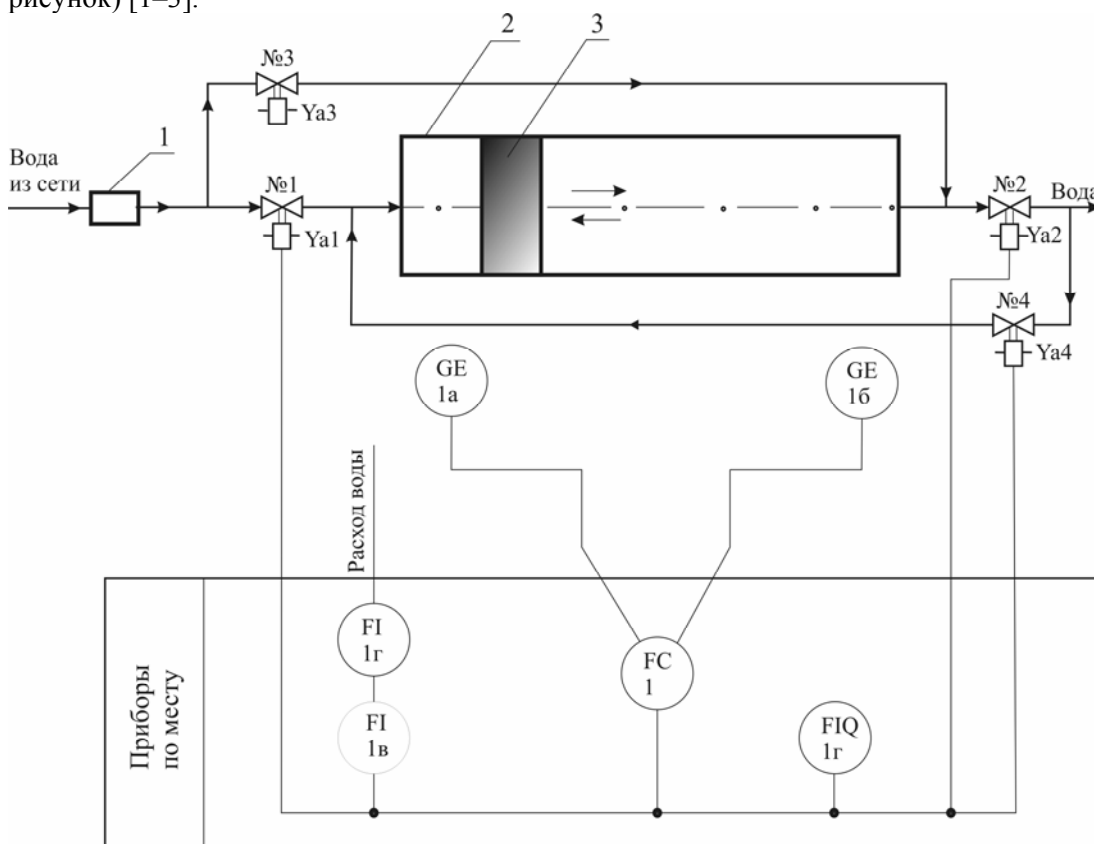


Рис. Схема установки для поверки счетчиков горячей, холодной воды, счетчиков газа и схема ее автоматизации:

1 – поверяемый прибор; 2 – калиброванная труба (цилиндр); 3 – поршень;
 №1, №2, №3, №4 – клапаны с электромагнитными приводами Ya1, Ya2, Ya3, Ya4 НЗ (= 12 В),
 соответственно; поз. 1а, 1б – герметичные магнитоуправляемые контакты (геркон);
 поз. 1в – соленоид; поз. 1г – микрокалькулятор

Основными элементами установки являются калиброванная труба с перемещающимся в ней поршнем, детекторы перемещения, клапаны, электронно-счетное устройство.

Электронно-счетное устройство способствует высокой точности измерения расхода проточной среды (газ, вода). Оно состоит из микрокалькулятора, на внешней панели которого расположен разъем в виде миниатюрной розетки, соединенной параллельно электропроводной цепью с итоговой клеммой «равно» микрокалькулятора или с катушкой соленоидного толкателя, установленного у кнопки «равно» микрокалькулятора. К розетке с помощью штекера присоединены герметизированные магнитоуправляемые контакты геркона, от них на расстоянии 5 мм автономно и периодически перемещается постоянный магнит [2].

Установка содержит присоединенный поверяемый счетчик 1 для проточной среды, калиброванную трубу (цилиндр) 2, выполненную из прозрачного материала (например из стекла, полиэтилена), размещенный в ней поршень 3, содержащий магнит, клапаны №1, №2 с электромагнитными приводами Ya1, Ya2, установленные на входе, выходе из трубы, клапаны №3, №4 с электромагнитными приводами Ya3, Ya4 – на обводных трубопроводах, электронно-счетное устройство, состоящее из детекторов перемещения (поз. 1а, 1б), закрепленных на концах калиброванной трубы и представленных герметичными магнитоуправляемыми контактами геркона, которые соединены, как

указано выше, электропроводной цепью с итоговой клеммой «равно» микрокалькулятора или с катушкой соленоидного толкателя, установленного у кнопки «равно» микрокалькулятора.

В качестве проточной среды могут служить горячая, холодная вода, газ.

Устройство работает следующим образом.

1. *Подготовительная стадия.* Устройство присоединяют к рабочей сети (например к водопроводной сети) после поверяемого счетчика и осуществляют подачу воды в устройство, открывая соответствующий запорный вентиль (кран) на водопроводе, включают электропитание электрической схемы переключателем пуска (на рисунке не показан) и перемещают поршень в крайнее левое положение. После чего прекращают подачу воды в устройство путем отключения электропитания электрической схемы при повторном нажатии на переключатель пуска.

В память калькулятора вводится численная величина, соответствующая калиброванному объему цилиндра в литрах, и задается операция сложения путем нажатия на клавишу «+» на клавиатуре калькулятора.

2. *Рабочая стадия – стадия проверки счетчика.* Включают электропитание электрической схемы с помощью переключателя пуска.

За счет давления водопроводной воды поршень 3 перемещается в крайнее правое положение в калиброванном цилиндре 2. При этом магнитоуправляемый контакт геркона (поз. 1б) замыкается за счет воздействия постоянного магнита поршня, поступает соответствующий сигнал на операционную систему микрокалькулятора на сложение еще одного, заданного на подготовительной стадии объема воды, также поступают сигналы команд на электромагнитные приводы Ya1, Ya2, Ya3, Ya4, в результате клапаны №1, №2 принимают положение «закрыто», клапаны №3, №4 – «открыто». Подача воды осуществляется в правую часть цилиндра 2, поршень 3 движется обратно, т.е. справа налево, и достигает крайнего левого положения. При этом магнит поршня воздействует на магнитоуправляемый контакт геркона (поз. 1а), он замыкается, на микрокалькулятор поступает команда на сложение еще одного объема воды, численно равного предыдущему объему воды, происходит срабатывание электромагнитных приводов клапанов Ya1, Ya2, Ya3, Ya4, в результате клапаны №1, №2 принимают положение «открыто», клапаны №3, №4 – «закрыто». Поршень 3 снова перемещается слева направо. За счет поочередного парного открытия и закрытия электромагнитных клапанов вода из сети движется в цилиндре 2 то слева направо, то справа налево, воздействуя и перемещая поршень в том же направлении, т.е. выполняя возвратно-поступательные движения.

После достижения определенного (нормативного) пропуска объема воды для поверяемого счетчика сравнивают показания численных значений объемов с дисплея калькулятора с показаниями счетчика, определяют соответствующие погрешности и делают заключение о пригодности (непригодности) поверяемого счетчика.

К достоинствам представленного расходомера следует отнести:

- возможность проверки с целью оценки увеличения (уменьшения) срока эксплуатации приборов учета квартирных счетчиков по месту установки без их демонтажа;
- низкая стоимость.

Таким образом, разработанный расходомер трубопоршневого типа упрощает и удешевляет процедуру проверки счетчиков холодной, горячей воды и газа, способствует ресурсо-и энергосбережению в жилищно-коммунальном хозяйстве.

Список литературы

1. Кремлевский, П.П. Расходомеры и счетчики количества: справочник / П.П.Кремлевский. – 4-е изд., перераб. и доп.– Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 701 с.
2. Патент РФ № 109596. Счетное устройство / Аверкин А.Г., Еремкин А.И., Мишанин С.И., Савицкий Е.А., Тренин И.Ю. Оpubл. 20.10.2011. Бюл. 29.

3. Патент РФ № 152211. Устройство для поверки счетчиков воды, счетчиков газа / Аверкин А.Г., Еремкин А.И., Савицкий Е.А., Аверкин Ю.А., Марин О.Ю., Ханин К.В. Оpubл. 15.04.2015. Бюл. 8.

References

1. Kremlevskiy, P.P. Flowmeters and counters of quality: reference/ P.P. Kremlevsky. – 4th ed., Rev. and add.– L.: Engineering. Leningrad. Dep-tion, 1989. – 701 p.
2. RF Patent number 109,596. Counting device / Averkin A.G., Eremkin A.I., Mishaning S.I., Savitsky E.A., Trenin I.Y. Publ. 20.10.2011. Bull. 29.
3. RF Patent number 152211. Device for checking water meters, gas meters / Averkin A.G., Eremkin A.I., Savitsky E.A., Averkin J.A., Marin O.Y., Hanin K.V. Publ. 10.05.2015. Bull. 13.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

ECONOMICS AND MANAGEMENT

УДК 338(470)

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8412) 48-74-77

Резник Галина Александровна,
доктор экономических наук, профессор,
зав. кафедрой «Маркетинг
и экономическая теория»
E-mail: reznikga@gmail.com

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Reznik Galina Aleksandrovna,
Doctor of Economic Sciences, Professor,
Head of the department «Marketing and
economic theory»
E-mail: reznikga@gmail.com

УПРАВЛЕНИЕ ТРУДОВЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ СОВРЕМЕННОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Г.А. Резник

Представлены особенности современной строительной организации, сформировавшиеся в последние десятилетия под влиянием процессов глобализации, приведены результаты исследования системы управления трудовым потенциалом строительных организаций Пензенского региона, выявлены основные резервы развития системы управления трудовым потенциалом.

Ключевые слова: современная строительная организация, особенности деятельности, трудовой потенциал, система управления трудовым потенциалом, функции управления, неиспользованные резервы

MANAGEMENT OF LABOR POTENTIAL OF MODERN CONSTRUCTION ORGANIZATION

G.A. Reznik

The article presents some features of a modern building organization formed in recent decades under the influence of globalization processes, the results of a study of the system of labor potential management of the construction organizations of the Penza region are given. Reserves of development of system of labor potential management are identified.

Keywords: modern construction organization, features of activity, labor potential, a system of labor potential management, management functions, untapped reserves

Трансформационные изменения, происходящие в строительном комплексе экономики России, оказали влияние на эффективность управления трудовым потенциалом современной организации, под которой понимается организация, способная к адаптации к быстро изменяющимся факторам внешней среды и осуществляющая производственную деятельность с учетом влияния этих факторов.

В последние десятилетия под влиянием процессов глобализации в деятельности современной строительной организации сформировался целый ряд особенностей, которые оказывают существенное влияние на управление и подготовку трудового потенциала: внедрение инновационных и информационных технологий в процесс производства, ориентация на изменения, усиление миграции, использование аутсорсинга, повышение социальной ответственности организации, активное использование топ-менеджмента и др. [5].

Одним из главных результатов *процесса глобализации*, оказывающего влияние на развитие современных организаций, является процесс всемирной экономической, политической и культурной интеграции, который формирует принципиально новую экономически-инновационную деятельность предприятий.

Влияние процесса глобализации на функционирование современных строительных организаций обусловлено, прежде всего, быстрым развитием международной торговли строительными и инженерно-консультационными услугами. Так, в Пензенском регионе реализация проектов с участием зарубежных заказчиков в 2014 году выросла по сравнению с 2011 годом на 31,4 % что способствовало привлечению иностранных инвестиций в экономику региона и внедрению в процесс строительного производства новых строительных материалов и технологических решений, для освоения которых требуются специалисты более высокого уровня [1].

Процессы глобализации привели к *усилению миграции трудового потенциала*. В последние годы активизировалась миграция высококвалифицированных специалистов по краткосрочным контрактам на выполнение определенных видов работ. В настоящее время в различных отраслях экономики России работают около 11 тыс. высококвалифицированных иностранных специалистов. Из них 9,8 % заняты в строительстве.

Под влиянием процессов глобализации, увеличения мобильности рабочей силы усложняется и процесс управления трудовым потенциалом. Анализ показал, что частично решение данной проблемы заключается в *использовании аутсорсинга*, который дает несколько выгодных преимуществ:

- позволяет не отвлекаться руководству компаний на исполнение обслуживающих функций, а сосредоточиться на основном бизнесе компании;
- дает возможность использования чужого высокопрофессионального опыта, накопленного при решении аналогичных задач, и доступ к новым технологиям и знаниям;
- появляется гибкость в управлении ресурсами – компании не нужно беспокоиться о сокращении численности своих сотрудников при изменении ситуации на рынке, перепрофилировании деятельности, уменьшении объемов производства и т.п.

Глобализационные процессы обусловили *развитие современных информационных технологий* в системе управления организацией. Современные организации в своей деятельности и производстве используют обмен информацией в режиме реального времени посредством соединения интернет; предоставляют своим работникам корпоративную связь для обмена информацией в короткие сроки, что ускоряет производственный процесс.

Характерной особенностью, проявившейся в деятельности современных организаций под воздействием глобализации, является *ориентация на инновации*. Однако результаты исследования позволили выявить сдерживающие факторы, влияющие на развитие инновационной составляющей организации, среди них: высокая стоимость вводимых новых технологий, неподготовленность персонала организации к реализации новшеств, неэффективное использование методов управления.

Отмечена такая особенность, как *ориентация на изменения*, которая позволяет современным организациям максимально гибко перетрансформировать основные структурные и технологические процессы.

Данные особенности диктуют необходимость комплексной оценки трудового потенциала современной организации [2]. На примере 150 строительных организаций Пензенского региона различных форм собственности были выявлены характерные особенности в системе управления, проявившиеся в последнее время.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что функции, выполняемые работниками строительных организаций в условиях постоянно изменяющейся экономической конъюнктуры строительного рынка, претерпевают существенные изменения. Внедрение новых информационных и инновационных технологий в систему управления организацией и производственный процесс требуют сегодня от персонала постоянного повышения уровня квалификации, получения новых профессиональных знаний и навыков.

Целью комплексной оценки является выявление резервов и неиспользованных возможностей работников организации, которые позволили бы сформировать конкурентные преимущества организации в целом и повысить технико-экономические показатели.

Выполненная в исследовании комплексная оценка трудового потенциала строительных организаций Пензенского региона (всего 150 организаций) включала выявление сильных и слабых сторон использования персонала, оценку уровня квалификации и уровня образования работников, оценку готовности персонала к продвижению на новую должность, оценку кадрового планирования в организациях, определение потребности и возможностей сотрудников в различных формах повышения квалификации, развитии и обучении, анализ работы мигрантов, а также определение уровня развития трудового потенциала с помощью интегрального показателя.

Наряду с анализом статистических данных был проведен анкетный опрос, в котором приняли участие почти все категории руководителей всех уровней управления согласно штатным расписаниям: начальники и заместители начальников самостоятельных структурных подразделений, отделов и служб, главные специалисты строительных организаций, а также рабочие, выполняющие строительно-монтажные работы, обслуживающие и управляющие строительной техникой.

Всего в анкетировании приняли участие 400 руководителей и специалистов разных звеньев управления, а также рабочие. В рамках анкеты было предложено высказать свое мнение о трудовом потенциале руководителям строительных организаций и их заместителям – 77 чел. (19,3 %), линейным руководителям и инженерно-техническим работникам – 169 чел. (42,1 %) и рабочим – 154 чел. (38,6 %).

Результаты опроса показали, что значение среднего возраста руководителей и специалистов примерно одинаковое: для руководителей этот показатель составляет 44 года, для специалистов – 42 года, для рабочих – 36 лет.

Знание возрастной структуры трудового потенциала строительной организации позволяет в первую очередь проводить эффективное управление процессом подготовки кадрового резерва на соответствующие должности. При этом на старшие возрастные группы (выше 50 лет) приходится значительная доля как руководителей (25 %), так и специалистов (19,3 %), что свидетельствует о необходимости уделять должное внимание возрастным характеристикам трудового потенциала.

Анализ образовательной структуры трудового потенциала обследуемых организаций свидетельствует о том, что данный показатель недостаточно высок (табл.1), – удельный вес руководителей и специалистов с высшим образованием невелик, а среди рабочих половина имеют лишь общее среднее образование (49,6 %), хотя для использования сложных строительных технологий необходима специальная профессиональная подготовка (в ряде случаев профессиональное высшее образование).

Т а б л и ц а 1

Распределение работников строительных организаций по уровню образования, %

Образование	Всего	В том числе		
		руководители	специалисты	рабочие
Высшее	18,6	57,1	52,0	10,1
Среднее техническое	26,5	29,0	43,5	20,2
Среднее специальное	2,7	0,5	1,5	2,3
Полное среднее	41,8	11,7	2,5	49,6
Неполное среднее	10,4	1,7	0,5	17,8

Более 35 % работников из группы рабочих и специалистов принимаются в строительные организации по вольному найму, среди этой категории принятых 45,5 % имеют лишь среднее общее образование. Они, естественно, нуждаются в определенной профессиональной подготовке или переподготовке. При этом численность работников, повысивших свою квалификацию, за последние 2 года увеличилась с 27 % до 35,1 %. Полное соответствие профессии полученному образованию отмечается у 48 % опрошенных. В то же время 20,3 % респондентов, независимо от пола, считают, что уровень их квалификации выше сложности выполняемой работы.

В ходе опроса был выявлен уровень удовлетворенности подготовкой специалистов вузами. 22 % руководителей организаций отметили, что удовлетворены подготовкой специалистов в полной мере; 28 % респондентов указали, что удовлетворены в большей степени, но могло бы быть и лучше. Для 27 % опрошенных степень подготовки не всегда соответствует требуемым нормам. И 23 % опрошенных руководителей организаций отметили, что неудовлетворены уровнем подготовки своих специалистов [4].

Сами работники достаточно высоко оценивают уровень своего профессионализма. Так, 60 % опрошенных ИТР считают, что уровень их квалификации соответствует выполняемым функциям, а 37,5 % отметили, что уровень их профессиональной подготовки значительно выше сложности выполняемой работы. Недостаточный уровень профессиональных компетенций для выполнения отдельных видов работ был отмечен у 2,5 % работников.

В реальных производственных условиях фактический уровень образования работника может не соответствовать требованиям его рабочего места. Это отклонение может иметь и, как правило, имеет неблагоприятные негативные последствия. В том случае, когда образование работника ниже уровня, необходимого для данного рабочего места, предприятие не получает ожидаемого качества труда. Уменьшается вероятность творческого отношения к делу, стремления к профессиональному росту. Если же образовательный уровень работника существенно выше требований рабочего места – можно ожидать снижения его интереса к данному виду труда, неудовлетворенности работой и желания сменить рабочее место. Проведенное исследование показывает, что эта проблема является весьма актуальной для строительной отрасли экономики Пензенского региона [3].

Продолжительность работы на предприятии (стаж) является основным показателем, характеризующим стабильность кадров и преданность предприятию. Распределение работников предприятия по стажу показывает наибольший удельный вес лиц со стажем свыше 15 лет – 66,5 %. Тот факт, что 16 % руководителей и 15 % специалистов работают в обследуемой строительной организации более 5 лет, свидетельствует о наличии различных организационных механизмов, не только привлекающих, но и удерживающих здесь соответствующих работников.

Анализ современной практики успешных строительных организаций показал, что важными факторами их успеха являются акцент в управлении трудовыми ресурсами на управление знаниями, креативными способностями работников, стимулирование повышения ими образовательного уровня, т.е. акцент на создание условий для повышения трудового потенциала кадров на основе развития интеллектуальных компонентов их деятельности. Именно такой подход способствует генерированию знаний, отвечающих потребностям организации в повышении своей конкурентоспособности.

Оценка качества трудового потенциала была выполнена для следующих категорий персонала: менеджеры и топ-менеджеры – 33 %, специалисты отделов – 33 %, рабочие кадры – 36 %. В основном оценка качества трудового потенциала в строительных организациях проводится для определения уровня оплаты труда – 47 %, карьерного роста – 33 %, для планирования рабочей силы – 30 % и для диагностики потребностей в профессиональной подготовке персонала и его развития – 25 %.

В трудовом потенциале как отдельного работника, так и персонала предприятия, важную роль играет уровень квалификации, профессионализма, который напрямую связан с содержанием труда.

К содержанию труда в исследовании отнесен уровень организации труда, соотношение затрат умственной и физической активности, наличие в трудовой деятельности элементов творчества. Содержание труда предъявляет определенные требования к образованию, квалификации, способностям работника. С другой стороны, оно является важнейшим фактором развития его личности в процессе труда, реализуя творческие, физические и иные его качества. Содержание труда влияет на удовлетворенность работой, на степень интереса к профессиональному росту, на состояние трудовой мобильности. Поэтому дифференциация трудового потенциала по этому критерию является одной из важных предпосылок анализа социально-экономических процессов в сфере труда.

Оценивая методы поощрения за работу, респонденты единодушно отдают предпочтение материальному вознаграждению (увеличению заработной платы – 66,1 %, премиям – 48,9 %). Особое место по значимости занимает помощь в приобретении жилья и обучении детей (36,1 %). При этом с возрастом в 3 раза увеличивается удельный вес респондентов, ориентированных на моральные поощрения, и в 4 раза – заинтересованных в помощи со стороны предприятия в укреплении здоровья. Повышение в должности предпочтительно для молодых специалистов до 30 лет – 27 %.

Анализ ценностных ориентаций в сфере развития трудового потенциала позволил сделать следующие выводы. Более 20 % женщин воспринимают работу как источник средств к существованию. Мужчины из группы специалистов (40 %) в большинстве случаев воспринимают работу как возможность занять определенное положение в обществе – они более ориентированы на успех.

С увеличением возраста все больше респондентов воспринимают работу лишь как источник средств к существованию (от 13 % в возрасте 20–25 лет до 60 % в возрасте старше 50 лет). Для 18 % респондентов в возрастной группе более 50 лет работа важна сама по себе, независимо от оплаты труда. Для молодых специалистов с высшим и средним профессиональным образованием (до 30 лет) работа – чаще всего средство добиться успеха, развить свои способности и реализовать себя (более 40 %).

Субъективная оценка факторов успешной трудовой деятельности показывает, что на первом месте, независимо от пола, возраста и категории персонала, стоит высокая зарплата (73,1 %), затем – работа по профессии, которая соответствует способностям, знаниям и умениям (52,9 %). При этом существенно различаются оценки, данные мужчинами и женщинами. Чтобы считать свою трудовую жизнь успешной, женщинам чаще, чем мужчинам, необходимо работать в атмосфере взаимного уважения (42,9 %), а мужчинам – принимать самостоятельные решения (31,7 %) и иметь возможность достижения высокого уровня мастерства (29,9 %).

Обращает на себя внимание распределение ответов на вопрос: «Что более всего привлекает Вас в Вашей работе?». Лишь 3 % руководителей отметили возможность служебного роста, занятие престижной должности. Подавляющее большинство руководителей (97 % респондентов) не задумываются о своей карьере. В связи с этим требует более тщательной проработки вопрос о карьерном росте как важнейшем мотиваторе труда персонала на предприятии.

Основным конкурентным преимуществом строительной компании, согласно мнению респондентов, является ориентация руководства на использование новых строительных технологий, материалов и форм организации производства (35 %).

Следует отметить, что отдельные строительные организации вносят изменения в организацию труда, техническое и информационное оснащение производства. Так, 20 % респондентов указали, что за последний год произошло улучшение технического оснащения рабочего места за счет приобретения новой оргтехники, совершенствования компьютерных программ, предназначенных для управления строительной организацией.

В основном руководители строительных организаций при приеме на работу предъявляют требования к наличию профессионального стажа (90 %) и диплома, подтверждающего квалификацию соискателя рабочего места (87,5 %). Большинство при-

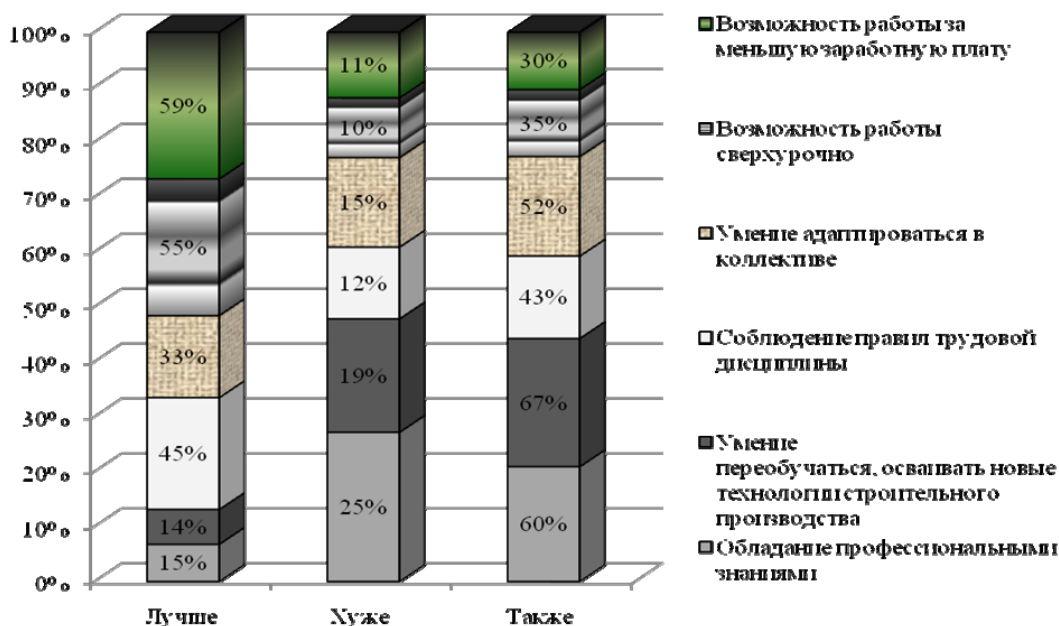
нятых на работу сотрудников проходят испытательный срок (72,5 %) и предоставляют результаты медицинского осмотра (60 %).

Исследование показало, что строительная отрасль характеризуется высоким спросом на квалифицированных рабочих и специалистов на всех этапах строительного производства. Однако в отрасли все еще сохраняется структурный дефицит кадров, особенно высокой квалификации. Порой имеют место ситуации, когда даже при отсутствии вакансий остается потребность со стороны строительной организации в качественной рабочей силе для обеспечения высокой производительности труда, сокращения производственного цикла. Соответственно, руководители решают проблему дефицита кадров с помощью иностранной рабочей силы. Так, 25 % руководителей обследуемых строительных организаций подтвердили, что в последние 3 года привлекают к отдельным видам работ иностранную рабочую силу.

К привлечению трудовых мигрантов в основном прибегают крупные и средние строительные организации, которые выполняют подрядные работы.

В основном иностранные работники занимают позиции неквалифицированных рабочих и заняты строительными-монтажными работами; на это указало 56 % опрошенных руководителей. И лишь в 0,2 % обследованных строительных организаций мигранты занимают должности линейных руководителей или инженерно-технических специалистов.

Можно сделать вывод, что использование иностранных работников по ряду показателей более эффективно (см. рисунок). По оценкам руководителей строительных организаций, иностранные работники могут работать сверхурочно (55 %) и за меньшую заработную плату (59 %). Кроме того, по сравнению с российскими работниками мигранты более дисциплинированы (33 %).



Сравнительная оценка уровня компетенций иностранных и российских работников, в % от числа опрошенных

Расчетные значения интегрального показателя уровня развития трудового потенциала исследуемых организаций представлены в табл. 3.

Уровень развития трудового потенциала в рассматриваемых организациях находится в пределах от 0,4 до 0,6 по предложенной шкале оценки. Это свидетельствует о том, что в строительных организациях региона имеются резервы для повышения его качества.

Расчетные значения коэффициентов, отражающих уровень развития трудового потенциала строительной организации (на примере ОАО «Пензастрой», ОАО «СКМ Инжиниринг», ООО «Стройпромсервис»)

Наименование коэффициента	ОАО «Пензастрой»	ОАО «СКМ Инжиниринг»	ООО «Стройпромсервис»
Коэффициент стабильности персонала (K_1)	0,387	0,458	0,587
Коэффициент обеспеченности предприятия кадрами (K_2)	0,791	0,598	0,698
Коэффициент рабочего времени (K_3)	0,455	0,658	0,589
Коэффициент образовательной компетентности (K_4)	0,285	0,355	0,233
Коэффициент квалификации (K_5)	0,384	0,466	0,389
Коэффициент прохождения обучения (K_6)	0,337	0,546	0,301
Коэффициент состояния здоровья (K_7)	0,284	0,497	0,231
Коэффициент карьерного роста (K_8)	0,547	0,643	0,542
Коэффициент инновационной активности (K_9)	0,413	0,402	0,368
Коэффициент отношения сотрудников к организации (K_{10})	0,874	0,988	0,712

Т а б л и ц а 3

Расчетные значения интегрального показателя уровня развития трудового потенциала исследуемых организаций

Наименование организации	Значение интегрального показателя
ОАО «Пензастрой»	0,476
ОАО «СКМ Инжиниринг»	0,561
ООО «Стройпромсервис»	0,465

Таким образом, в результате комплексной оценки трудового потенциала строительных организаций Пензенского региона было выявлено следующее: недостаточно высокий уровень профессионального образования среди специалистов и рабочих; отсутствие заинтересованности в карьерном росте; отсутствие кадрового планирования в организации; структурный дефицит кадров высокой квалификации и привлечение иностранной рабочей силы к выполнению отдельных видов строительных работ.

Список литературы

1. Программа мероприятий по повышению производительности труда на предприятиях промышленности; в агропромышленном комплексе; в организациях строительного комплекса Пензенской области на 2012–2018 годы. – Пенза, 2011.
2. Резник, Г.А. Особенности современной организации / Г.А. Резник, М.И. Маскаев // Экономика и предпринимательство. – 2013. – № 8. – С. 326–330.
3. Резник, Г.А. Особенности управления трудовым потенциалом на примере строительных организаций Пензенского региона / Г.А. Резник, А.И. Маскаева, М.И. Маскаев // Экономика и предпринимательство. – 2013. – №12. – Ч.2.

4. Резник, Г.А. Студенческое предпринимательство в вузе: проблемы и перспективы развития / Г.А. Резник // Проблемы современной экономики. – 2010. – № 3. – С. 411–413.

5. Резник, Г.А. Анализ и оценка потенциала устойчивости эколого-экономической системы / Г.А. Резник, А.А. Малышев // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 1. – С. 197–204.

References

1. Program of measures for increasing productivity in industrial enterprises; in agriculture; in the organizations of the construction complex of the Penza region on 2012–2018. – Penza, 2011.

2. Reznik, G.A. The Features of modern organizations / G.A. Reznik, M.I. Maskaev // Economics and entrepreneurship. – 2013. – № 8. – P. 326–330.

3. Reznik, G.A. The Features of labor potential management at the example of building organizations of the Penza region / G.A. Reznik, A.I. Maskaev, I.M. Maskaev // Economics and entrepreneurship. – 2013 – № 12. – Part 2.

4. Reznik, G.A. Student entrepreneurship in higher education: problems and prospects / G. A. Reznik // Problems of modern economy. – 2010. – № 3. – P. 411–413.

5. Reznik, G.A. Analysis and evaluation of the potential sustainability of ecological-economic systems / G.A. Reznik, A.A. Malishev // Regional architecture and construction. – 2012. – № 1. – P. 197–204.

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Учаева Татьяна Владимировна,
кандидат экономических наук
доцент кафедры «Экономика, организация
и управление производством»
E-mail: uchaevatv@mail.ru

Кулагина Юлия Вячеславовна,
студентка
E-mail: kulagina.yulya2012@yandex.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*
Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Uchaeva Tatiana Vladimirovna,
Candidate of Economics, Associate Professor
of the department «Economics, Organization
and Management»
E-mail: uchaevatv@mail.ru

Kulagina Yuliya Vyacheslavovna,
Student
E-mail: kulagina.yulya2012@yandex.ru

АНАЛИЗ ФИНАНСОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОАО «ЦЕНТР-ИНВЕСТ»

Т.В. Учаева, Ю.В. Кулагина

Рассмотрена деятельность предприятия ОАО «Центр-Инвест» (г. Москва) за 2011–2013 годы. Приведены результаты анализа источников формирования имущества организации, его активов и пассивов, рассчитаны показатели финансовой устойчивости, ликвидности и платежеспособности. На основании полученных данных выявлено неустойчивое финансовое состояние предприятия, близкое к банкротству. Финансовой службе предприятия даны рекомендации о необходимости следить за структурой капитала по составу и источникам образования и регулярно проводить финансовой анализ деятельности предприятия.

Ключевые слова: финансово-хозяйственная деятельность, бухгалтерский баланс, финансовая устойчивость, финансовые коэффициенты, ликвидность

ANALYSIS OF FINANCIAL STABILITY OF «CENTER-INVEST»

T.V. Uchaeva, Y.V. Kulagina

The article provides information on the activities of the company «Center-Invest» (Moscow) in 2011-2013. The analysis of the sources of property of the organization its assets and liabilities are given, indicators of financial stability, liquidity and solvency are calculated. On the basis of the calculated data unstable financial state of the company close to bankruptcy is revealed. The recommendations about the need to monitor the capital structure according to its composition and sources of formation, conduct regular financial analysis are given to financial service of the company.

Keywords: analysis of financial and economic activity, balance sheet, financial stability, financialratios, liquidity

В условиях нестабильной рыночной экономики, к которым трудно адаптируются отечественные предприятия, залогом выживаемости и основой стабильного положения предприятия служит его финансовая устойчивость. От нее зависит прибыль предприятия и его способность развиваться дальше, занимая большую долю на рынке и повышая свою конкурентоспособность [1]. Проблемы финансовой устойчивости относятся к числу наиболее важных не только финансовых, но и общеэкономических проблем.

Объектом анализа финансовой устойчивости является государственное унитарное предприятие «Московский городской центр продажи недвижимости» (ГУП «Центр-Инвест»), которое было основано 28 июля 1998 года согласно Постановлению Правительства Москвы. 1 ноября 2010 года государственное унитарное предприятие «Московский городской центр продажи недвижимости» (ГУП «Центр-Инвест») было

преобразовано в открытое акционерное общество «Московский городской центр продажи недвижимости» (ОАО «Центр-Инвест»).

Основными направлениями деятельности ОАО «Центр-Инвест» являются инвестирование в строительство жилых и нежилых объектов, осуществление функций заказчика и оказание услуг по реализации недвижимости.

Компания осуществляет комплексное управление инвестиционно-строительными проектами в области создания жилых комплексов с развитой инфраструктурой, включающей в себя объекты социально-бытового обслуживания населения, а также решает весь спектр вопросов – от инвестиционной идеи проекта до ввода объекта в эксплуатацию, включая оформление прав собственности. Основной целью предприятия является извлечение прибыли.

Для выявления внутренних резервов предприятия, которые могут быть направлены на увеличение производства и, следовательно, прибыли в целом, была проанализирована его финансово-хозяйственная деятельность [1].

Для выявления источников формирования имущества предприятия, был проведен анализ активов и пассивов ОАО «Центр-Инвест» за 2011–2013 годы, который показал следующее.

В конце 2013 года структура имущества характеризовалась относительно высокой долей внеоборотных активов, которая за анализируемый период увеличилась с 40 255,1 до 3 699 355,1 тыс. руб. Прирост внеоборотных активов произошел за счет увеличения затрат на незавершенное строительство. Структура внеоборотных активов за 2011–2012 годы фактически не изменялась. Доля основных средств имела тенденцию к снижению – с 32,4 % до 0,9 % соответственно. За период с 2012 по 2013 год доля внеоборотных активов существенно возросла – на 63,7 %. Доля отложенных налоговых активов с 2011 по 2012 год осталась неизменной. А с 2012 по 2013 год отложенные налоговые активы увеличились почти в 1,5 раза. Прочие внеоборотные активы имели динамику уменьшения и только в 2012 году они увеличились в 1,5 раза.

Анализируя оборотные активы предприятия, можно сказать, что на конец 2013 года структура имущества характеризуется снижением доли оборотных активов, которая уменьшилась с 67,6 % до 35,4 %. Оборотные активы в 2012 году увеличились с 87014,9 тыс. руб. до 4424966,8 тыс. руб.

В 2013 году оборотные активы уменьшились с 4 424 966,8 до 2 023 446,1 тыс. руб. Снижение оборотных активов произошло за счет уменьшения дебиторской задолженности. Основное изменение произошло в связи со снижением доли дебиторской задолженности и ростом остатка денежных средств.

За весь анализируемый период основная часть оборотных активов приходилась на дебиторскую задолженность (соответственно 99,7 % и 89,3 %). При этом удельный вес остатка денежных средств увеличился с 9,9 % до 674,2 %. Что касается денежных средств предприятия, то их количество имеет тенденцию к снижению (с 50,8 % до 1,5 %).

Наглядно структура активов баланса за 2011–2013 годы представлена на рис.1–3.



Рис. 1. Структура активов бухгалтерского баланса ОАО «Центр-Инвест» за 2011 год



Рис.2. Структура активов бухгалтерского баланса ОАО «Центр-Инвест» за 2012 год



Рис.3. Структура активов бухгалтерского баланса ОАО «Центр-Инвест» за 2013 год

Анализируя пассив баланса предприятия ОАО «Инвест-центр» за 2011–2013 годы, можно сказать, что наибольшую долю в его структуре занимают краткосрочные обязательства.

Доля уставного капитала в 2012 году имеет тенденцию к увеличению (с 50,2 % до 101,6 %), а в 2013 году его доля снизилась (с 101,6 % до -13,4 %). Наглядно динамику изменения доли уставного капитала можно увидеть на рис.4.

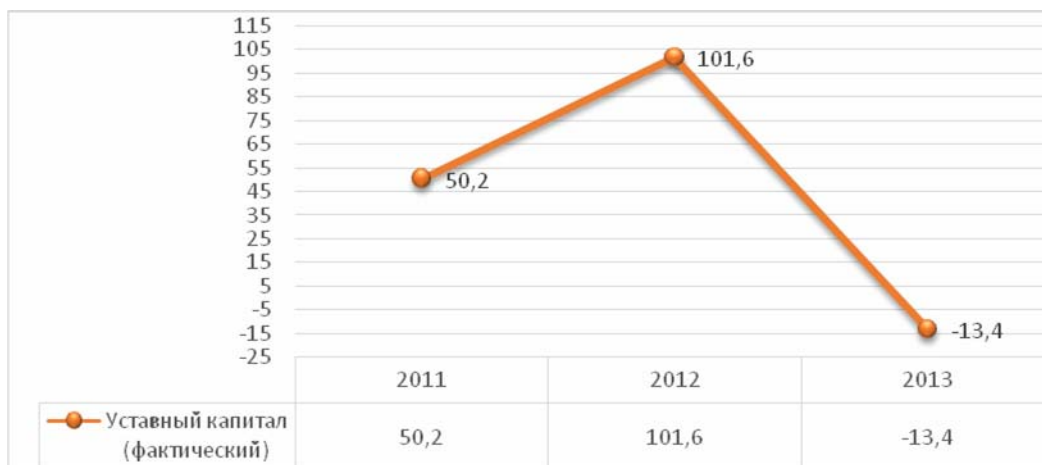


Рис.4. Динамика изменения доли уставного капитала по годам

Сумма резервного капитала с 2011 по 2012 год увеличилась с 769,7 до 6955,4 тыс. руб. А с 2012 по 2013 год она осталась неизменной и составила 6955,4 тыс. руб.

Нераспределенная прибыль в 2012 году снизилась с 39,9 % до -47 %, а в 2013 году увеличилась до 117 %. Наглядно динамику изменения доли нераспределенной прибыли можно увидеть на рис.5.

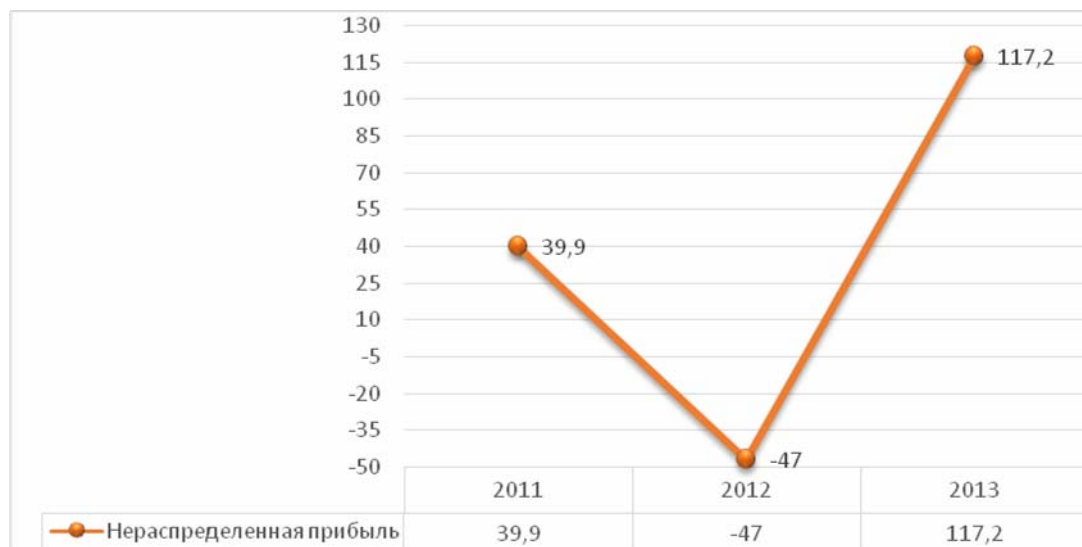


Рис.5. Динамика изменения доли нераспределенной прибыли по годам

Структура долгосрочных обязательств на протяжении всего анализируемого периода имеет тенденцию к снижению; эти изменения наглядно представлены на рис.6.

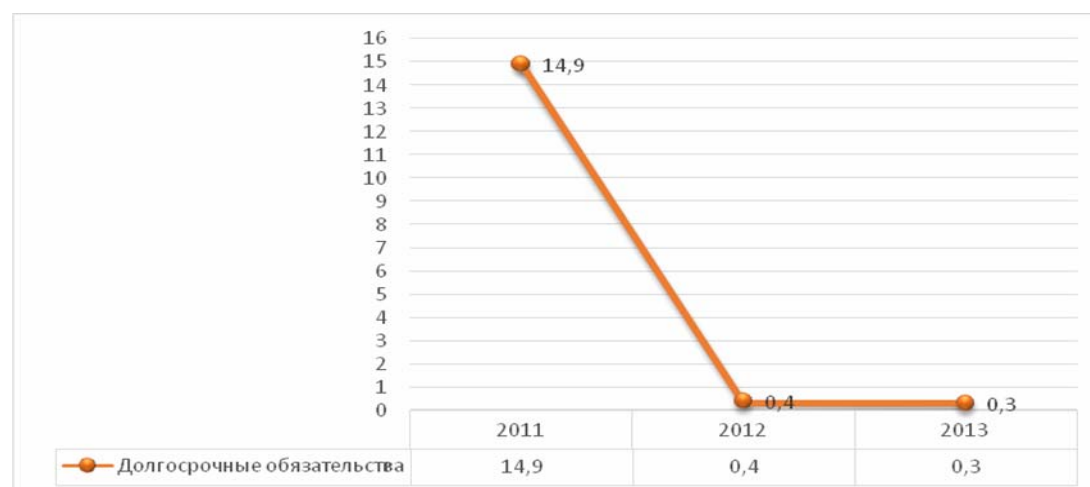


Рис.6. Динамика изменения доли долгосрочных обязательств по годам

Доля отложенных налоговых обязательств имела тенденцию к незначительному росту (с 0,3 % до 2,1 %).

Доля оценочных обязательств оставалась неизменной и только в 2013 году увеличилась в 1,8 %.

Краткосрочные обязательства за анализируемый период выросли на 5827056 тыс. руб. Их доля в структуре капитала общества увеличилась на 55,9 %. Кредиторская задолженность за анализируемый период возросла на 5777959,8 тыс. руб. (с 60474 до 5 838 433,8 тыс. руб.).

Далее был проведен анализ финансовой устойчивости. При анализе использовались коэффициенты, представленные в таблице.

Расчетные значения коэффициентов финансовой устойчивости ОАО «Инвест-Центр» за 2011–2013 годы

Показатель		Формула		
Коэффициент финансовой независимости		$\frac{\text{Собственный капитал}}{\text{Валюта баланса}}$		
2013 год	2012 год	2011 год		
$\frac{-183658}{5722801} = -0,03$	$\frac{24259}{4465222} = 0,005$	$\frac{49079}{128672} = 0,38$		
Коэффициент финансовой устойчивости		$\frac{\text{Собственный капитал} + \text{долг. обязательства}}{\text{Валюта баланса}}$		
$\frac{-183658 + 18929}{5722801} = -0,04$	$\frac{24259 + 19657}{4465222} = 0,009$	$\frac{49079 + 10119}{128672} = 0,53$		
Коэффициент обеспеченности собственными источниками финансирования		$\frac{\text{Собств. капитал} - \text{внеоб. активы}}{\text{Оборотные активы}}$		
$\frac{-183658 - 3699355}{2023446} = -1$	$\frac{24259 - 40255}{4124967} = -0,004$	$\frac{49079 - 41657}{87015} = 0,09$		
Коэффициент финансовой независимости в части формирования запасов и затрат		$\frac{\text{Собств. капитал} - \text{внеоб. активы}}{\text{НДС} + \text{запасы}}$		
$\frac{-183658 - 3699355}{40 + 187490} = -20,7$	$\frac{24259 - 40255}{100 + 5089} = -3,08$	$\frac{49079 - 41657}{1 + 6054} = 1,2$		
Коэффициент маневренности собственного капитала		$\frac{\text{Собств. капитал} - \text{внеоб. активы}}{\text{Собственный капитал}}$		
$\frac{-183658 - 3699355}{2023446} = -1,92$	$\frac{24259 - 40255}{24259} = -0,66$	$\frac{49079 - 41657}{49079} = 0,15$		
Индекс постоянного актива		$\frac{\text{Внеоборотные активы}}{\text{Собственный капитал}}$		
$\frac{3699355}{183658} = -20,1$	$\frac{40255}{49079} = 1,66$	$\frac{41657}{49079} = 0,88$		

На протяжении всего анализируемого периода коэффициент финансовой независимости не достигает оптимального значения. Это указывает на увеличение зависимости предприятия в отчетном периоде от внешних кредиторов, что связано с активным привлечением заемных средств для обеспечения текущей деятельности в связи со снижением авансирования со стороны заказчиков по причине кризисной ситуации в стране.

Коэффициент финансовой устойчивости также не достигает оптимального значения за анализируемый период, что говорит о слабом финансовом состоянии предприятия.

Коэффициент обеспеченности собственными источниками финансирования имеет тенденцию к снижению; это говорит о том, что у организации недостаточно собственных средств для финансирования текущей деятельности.

Коэффициент независимости в части формирования запасов и затрат на протяжении всего анализируемого периода снижается, что свидетельствует о неустойчивом финансовом состоянии организации, поскольку возникает необходимость привлечения заемного капитала для формирования запасов в связи с дефицитом собственных средств. Чем ниже уровень коэффициента, тем выше финансовый риск и зависимость от кредиторов.

Как видим, коэффициент маневренности собственного капитала также не достигает оптимальных значений; это говорит о том, что на предприятии возникает замедление погашения дебиторской задолженности, а также ужесточаются условия предоставления товарных кредитов со стороны подрядчиков и поставщиков.

Индекс постоянного актива в 2012 году увеличился, т.е. увеличилась доля основных средств и внеоборотных активов в источниках собственных средств предприятия. А в 2013 году этот показатель снижается, что свидетельствует о снижении величины внеоборотных активов.

Таким образом, можно сделать вывод, что предприятие обладает недостаточной финансовой устойчивостью, что может привести к отсутствию средств для развития производства, неплатежеспособности и даже банкротству.

Для достижения устойчивого финансового положения предприятию необходимо следить за структурой капитала по составу и источникам образования, определять, какую долю должны занимать собственные средства, а какую – заемные. Необходимо уделять больше внимания анализу деловой активности, ликвидности, платежеспособности, кредитоспособности предприятия, порога рентабельности, запаса финансовой устойчивости (зоны безопасности), степени риска, эффекта финансового рычага и др.

Список литературы

1. Учаева, Т.В. Анализ финансовой деятельности ЗАО «Нижнеломовский хлебокомбинат» / Т.В. Учаева, К.Ю. Тихонова // Современные научные исследования и инновации. – 2015. – № 4. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/52663>.
2. Финансовый анализ / под ред. Т.С. Новашиной. – М.: Московская финансово-промышленная академия, 2005.

References

1. Uchaeva, T.V. Analysis of the financial activities of JSC «Nizhnelomovsky Bakery» / T.V. Uchaeva, K.Y. Tikhonov // Modern scientific research and innovation. – 2015. – №4. – URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/04/52663>.
2. Financial analysis / Ed. by T.S. Novashinoy. – M.: Moscow Financial-Industrial Academy, 2005.

УДК 502:72.012.1:[725.1:62]

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Петрянина Любовь Николаевна,
доцент кафедры «Городское строительство
и архитектура»
E-mail: pln@penzagp.ru

Карпова Ольга Викторовна,
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Управление качеством и
технология строительного производства»
ООО «Гражданпроект»
Россия, 440011, г. Пенза,
ул. Фурманова, д.21

Булдыгина Анжелика Алексеевна,
руководитель группы «Охрана
окружающей среды»

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Petryanina Lubov Nikolaevna,
Associate Professor of the Department «Urban
construction and architecture»
E-mail: pln@penzagp.ru

Karpova Olga Viktorovna,
Candidate of Sciences, Associate Professor of
the Department «Quality Management and
technology of building production»
Grazhdanproekt
Russia, 440011, Penza, 21, Furmanova St.

Buldygina Angelika Alexeevna,
Head of the group «Environmental
protection»

УЧЕТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Л.Н. Петрянина, А.А. Булдыгина, О.В. Карпова

Дана оценка воздействия на окружающую среду проектируемого на территории Бессоновского района Пензенской области завода по производству керамического кирпича. Приведены результаты комплексного анализа источников загрязнения. Проанализирована возможность строительства объекта на исследуемом участке.

Ключевые слова: завод по производству керамического кирпича; земельные ресурсы и почвенный покров; отходы производства и потребления; загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферу; степень загрязненности поверхностных вод

CONSIDERATION OF ENVIRONMENTAL ELEMENTS IN THE DESIGN OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

L.N. Petryanina, A.A. Buldygina, O.V. Karpova

The authors evaluate possible negative effects on the environment of the plant for production ceramic bricks designed in Bessonovsky District Penza region. An integrated analysis of the sources of pollution are given. The possibility of construction of the object in the area is analyzed.

Keywords: plant for production of ceramic bricks; land and soil cover; waste production and consumption; pollutants emitted into the atmosphere; the degree of contamination of surface water

В настоящее время при проектировании и строительстве объектов производственного назначения особое внимание уделяется вопросам минимизации их воздействия на окружающую среду. В связи с этим перед группой «Охрана окружающей среды» ООО «Гражданпроект» (г. Пенза) была поставлена задача оценить воздействие планируемой деятельности проектируемого на территории Пензенской области завода по производству керамического кирпича на окружающую природную среду, а также разработать мероприятия для предотвращения негативного влияния объекта на эко-

систему на стадии разработки проектной документации до уровня, регламентированного нормативными документами по охране окружающей среды.

С этой целью специалистами группы первоначально было изучено месторасположение промышленного парка «Кижеватово», на территории которого планируется возведение завода, наличие сельскохозяйственных и промышленных предприятий.

Несмотря на отсутствие на исследуемом участке особо охраняемых территорий регионального значения, по нему проходят пути миграции диких копытных животных, отмечается сезонная миграция птиц, встречаются внесенные в Красную книгу и редкие для области виды животных и птиц. Поэтому при производстве работ и эксплуатации объектов строительства, руководствуясь требованиями по предотвращению гибели объектов животного мира, которые регламентированы [1, 2], уже на стадии проектирования были предусмотрены необходимые мероприятия, обеспечивающие сохранение путей миграции объектов животного мира и мест их постоянной концентрации, в том числе в период размножения и зимовки.

Для определения влияния кирпичного завода на окружающую среду проектирование следует начинать, как и для любого промышленного объекта, с изучения технологического процесса. Так как проектируемый промышленный парк и рассматриваемое нами предприятие являются по своему уровню объектами регионального значения, то производственная мощность завода установлена с учетом запасов сырья и наличия топливно-энергетических ресурсов и составит 60000000 кирпичей в год. Ближайшее эксплуатируемое месторождение глины с запасами категории С2 – Лягушовское. Проектная годовая производительность карьера – 370 тыс. м² кирпичного сырья. В качестве основного технологического оборудования заказчиком принято решение использовать высокотехнологичную автоматизированную линию с использованием немецкого оборудования фирм «HAENDLE» и «LINGL», работающего по немецкой технологии «KELLER».

Частью исследований по оценке воздействия промышленных объектов на окружающую среду является анализ состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, и определение их количества. Было установлено, что основными источниками выделения вредных веществ в атмосферу при эксплуатации объекта будут: склад глины, цех по производству кирпича (системы аспирации, труба печи), сварочный пост, котельная.

От склада глины и цеха по производству керамического кирпича выбрасывается в атмосферу пыль неорганическая, содержащая 20–70 % диоксида кремния. Туннельная печь по обжигу кирпича работает на газе, в результате сжигания которого в атмосферу выделяется диоксид азота, оксид углерода, бенз(а)пирен.

На посту сварки используются электроды марки МР-3. В результате производства сварочных работ в атмосферу поступает оксид железа, оксид марганца, фтористый водород.

Котельная, оборудованная котлами Polycraft duotherm – 4 МВт (1 шт.) и Polycraft duotherm – 3,5 МВт (2 шт.), работает на газе. В результате сжигания газа в атмосферу выделяется оксид азота, диоксид азота, оксид углерода.

Кроме того, при эксплуатации объекта источниками негативного воздействия на воздух атмосферы являются: стоянка транспорта и площадка для погрузочно-разгрузочных работ, от которых выбрасывается в атмосферу оксид азота, диоксид азота, оксид углерода, сажа, диоксид серы, бензин, керосин.

В таблице приведены данные по результатам расчета количества загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при эксплуатации кирпичного завода, выполненного по [3].

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу

код	Вещество наименование	Используемый критерий	Значение критерия, мг/м ³	Класс опасности	Суммарный выброс вещества	
					г/с	т/год
1	2	3	4	5	6	7
0123	Железа оксид	ПДК _{с/с}	0,04	3	0,009	0,005
0143	Марганец и его соединения	ПДК _{м/р}	0,01	2	0,002	0,001
0301	Азота диоксид	ПДК _{м/р}	0,2	3	0,4331234	7,415824
0304	Азота оксид	ПДК _{м/р}	0,4	3	0,0643702	1,132922
0328	Сажа	ПДК _{м/р}	0,15	3	0,0011524	0,005882
0330	Серы диоксид	ПДК _{м/р}	0,5	3	0,0021371	0,014764
0337	Углерода оксид	ПДК _{м/р}	5,0	4	1,532118	25,353119
0342	Фториды газообразные	ПДК _{м/р}	0,02	2	0,0004	0,0002
0703	Бенз(а)пирен	ПДК _{м/р}	0,00001	1	0,000000185	0,00000330629
2704	Бензин	ПДК _{м/р}	5	4	0,0119174	0,083581
2732	Керосин	ОБУВ	1,2	–	0,0066755	0,02823
2908	Пыль неорганическая с содержанием SiO ₂ 20–70 %	ПДК _{м/р}	0,3	3	17,6698	160,4276
Всего веществ: 12					19,732694185	194,46762530629
в том числе твердых: 6					17,682352585	160,43968530629
жидких/газообразных: 6					2,0503416	34,02844

Было установлено, что при эксплуатации завода в атмосферный воздух будет выбрасываться 19,7 г/сек и 194,5 т/год загрязняющих веществ. Проведенный анализ расчетов загрязнения атмосферного воздуха показал, что максимальные приземные концентрации вредных веществ будут находиться в пределах допустимых значений.

Исследованиями было установлено, что в процессе эксплуатации объекта планируется образование отходов – 10737,13 т, в том числе I класса опасности – 0,02 т/год, II класса – 0,01 т/год, III класса – 1,5 т/год, IV класса – 3443,4 т/год, V класса – 7292 т/год. Разработаны мероприятия, которыми предусмотрен вывоз мусора на полигон твердых бытовых отходов, сдача отходов на переработку, их обезвреживание. Подобные мероприятия предусмотрены и на период строительства.

Одной из составляющих анализа негативного влияния промобъекта на окружающую среду является определение воздействия состава почвы и воды на запроектированные подземные конструкции кирпичного завода. Анализ инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий показал, что в отобранных пробах почвы содержание исследуемых загрязняющих веществ не превышает предельно допустимые концентрации в соответствии с ГН 2.1.2.041-06 и ГН 2.1.7.2511-09. Согласно [4, прил. 1] степень загрязнения почвы в пробах по содержанию неорганических соединений I класса опасности характеризуется как «допустимая». Исходя из степени загрязненности, исследованные поверхностные грунты и почва могут быть использованы без ограничений, исключая объекты повышенного риска, такие, как детские и образовательные учреждения, спортивные, игровые, детские площадки в районах жилой застройки, площадки отдыха, зоны рекреации, зоны санитарной охраны водоемов, прибрежные зоны, санитарно-защитные зоны.

Установлено, что техногенные источники ионизирующего излучения на участке строительства отсутствуют. Для выявления возможных радиационных аномалий проводилось исследование проб почвы с участка изысканий. Поисковая гамма-съемка проводилась через 10 м. Эффективная удельная активность грунта в усредненной пробе составила 106,3 Бк/кг, что меньше значения эффективной удельной активности грунта 370 Бк/кг, определенного по [5].

Степень загрязненности грунтовых вод в исследуемых точках, расположенных по периметру площадки строительства, определялась согласно [6]. В грунтовой воде участка строительства объекта наблюдается превышение предельно-допустимой концентрации нефтепродуктов, общего железа. Значение коэффициента комплексности

загрязненности воды по результатам анализа составило 7,14 %. Степень загрязненности грунтовых вод в точке отбора проб характеризуется как «условно чистая», то есть отсутствуют ограничения на выбор подземных конструкций проектируемого объекта.

Так как зона проектирования завода относится к землям производственного назначения, то ввиду значительного удаления жилой застройки (более 10 км) расчет и анализ уровня шума не проводился. Ориентировочная санитарно-защитная зона и санитарные разрывы для проектируемого объекта строительства устанавливаются для класса III – 300 метров в соответствии с [6, п. 7.1.4]. Таким образом, влияние запроектированного завода по производству кирпича на окружающую среду будет минимальным и соответствует предельно-допустимой концентрации загрязняющих веществ и предельно-допустимому уровню физического воздействия шума на окружающую среду.

Затраты на организацию природоохранных мероприятий и компенсационных выплат в период строительства определены сметным расчетом в соответствии с [7]. Восстановительная стоимость зеленых насаждений не рассчитывалась, т.к. на участке строительства преобладает луговая растительность. Плата за негативное воздействие на окружающую среду также является формой компенсации ущерба, наносимого окружающей природной среде загрязнением. Расходы на перечисление платы за негативное воздействие на окружающую среду в период строительства объекта составят:

- за выбросы в атмосферный воздух 1,2 тыс.руб.;
- за размещение отходов производства и потребления 832 тыс.руб.

Кроме того, для уменьшения вредного воздействия завода на окружающую среду в процессе строительства, были предусмотрены следующие мероприятия:

- устройство специальных площадок для технического оборудования, транспорта, строительных материалов, оснащенных противодиффузионными экранами (бетон, асфальтобетон);
- исключение загрязнения реки поверхностными стоками со стройплощадки и производств;
- исключение проливов нефтепродуктов и агрессивных сред на почву;
- исключение вырубки деревьев и кустов, повреждения дерново-растительного покрова на площадке строительства;
- использование звукоизолирующих устройств для оборудования (защитные кожухи, шумоглушители, экраны и т.п.);
- выполнение ликвидационных и рекультивационных работ по восстановлению нарушенных земель после завершения работ.

Таким образом, проанализировав решения, принятые в проектной документации по строительству промобъекта, можно сделать выводы о том, что разработанные мероприятия позволяют в период строительства свести к минимуму воздействие на земельные ресурсы и почвенный покров, а мероприятия по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке и размещению опасных отходов в период эксплуатации позволят исключить загрязнение окружающей среды отходами производства и потребления [8].

Кроме того, в процессе проектирования был установлен и проанализирован перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при эксплуатации завода. Проведенный расчет показал, что загрязнение атмосферного воздуха при работе объекта не превысит допустимых значений, а при выполнении строительно-монтажных работ будет носить передвижной и кратковременный характер. Проведенная оценка степени загрязненности поверхностных вод позволила сделать заключение об отсутствии ограничений на выбор подземных конструкций завода.

Из изложенного выше видно, что строительство и эксплуатация завода не окажут заметного влияния на сложившуюся экологическую ситуацию района размещения объекта.

Список литературы

1. Об утверждении Требований по предотвращению гибели объектов животного мира при осуществлении производственных процессов, а также при эксплуатации транспортных магистралей, трубопроводов, линий связи и электропередачи: постановление Правительства Российской Федерации от 13.08.1996 г. №997 (с изменениями и дополнениями от 13 марта 2008 г.).
2. Об утверждении Требований по предотвращению гибели объектов животного мира при осуществлении производственных процессов, а также при эксплуатации транспортных магистралей, трубопроводов, линий связи и электропередачи: постановление Правительства Пензенской области от 13 ноября 2003 г. N 522-пП (с изменениями и дополнениями от 20 марта 2013 г.).
3. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (с изменениями и дополнениями 25 апреля 2014 г.). – М.: ОАО «ЦПП», 2004.
4. СанПиН 2.1.7.1287-03 «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы». – М.: ОАО «ЦПП», 2004.
5. СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ 99/2009)». – М.: ОАО «ЦПП», 2010.
6. РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». – М.: АСВ, 2012. – 304 с.
7. Правила благоустройства, соблюдения чистоты и порядка в городе Пензе: решение Пензенской городской Думы от 26.06.2009 г. №66-7/5.
8. Петрянина, Л.Н. Система экологического менеджмента в проектной организации / Л.Н. Петрянина, А.А. Булдыгина, О.В. Карпова // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – № 4. – С. 164–170.

References

1. On approval of requirements to prevent destruction of wildlife in the implementation of production processes, as well as the operation of highways, pipelines, communication lines and power: resolution of the Government of the Russian Federation 13.08.1996g. №997 (as amended on 13 March 2008).
2. On Approval of the requirements to prevent the death of wildlife in the implementation of production processes, as well as the operation of highways, pipelines, communication lines and power: resolution of the Government of the Penza region on November 13, 2003 N PP-522 (with changes and additions dated March 20, 2013).
3. SanPiN 2.2.1 / 2.1.1.1200-03 «Sanitary protection zones and sanitary classification of enterprises, structures and other objects» (as amended on April 25 2014.). – М.: JSC «ZPP», 2004.
4. SanPiN 2.1.7.1287-03. «Sanitary requirements to the quality of the soil». – М.: JSC «ZPP», 2004.
5. SanPiN 2.6.1.2523-09 «Radiation Safety Standards (NRB 99/2009)». – М.: JSC «ZPP» 2010.
6. RD 52.24.643-2002 «Method of complex assessment of surface water pollution by hydrochemical indicators». – М.: ACB, 2012. – 304 p.
7. Rules of improvement, cleanliness and order in the city of Penza: Approved by the decision of the Penza City Duma on 26.06.2009 №66-7 / 5.
8. Petryanina, L.N. The system of environmental management in the project organization / L.N. Petryanina, A.A. Buldygin, O.V. Karpova // Regional architecture and engineering. – 2014. – № 4. – P. 164–170.

УДК 81.42

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Гринцов Дмитрий Михайлович,
аспирант

Гринцова Ольга Васильевна,
кандидат филологических наук, доцент,
зав. кафедрой «Иностранные языки»
E-mail: english@pguas.ru

Солманидина Наталья Викторовна,
кандидат философских наук, доцент
кафедры «Иностранные языки»
E-mail: solomona@mail.ru

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Grintsov Dmitry Mikhailovich,
Postgraduate

Grintsova Olga Vasilyevna,
Candidate of Philology, Associate Professor,
Head of the department «Foreign Languages»
E-mail: english@pguas.ru

Solmanidina Natalia Victorovna,
Candidate of Philosophy, Associate Professor
of the department «Foreign Languages»
E-mail: solomona@mail.ru

РАБОТА С НАУЧНЫМ ТЕКСТОМ НА ИНОСТРАННОМ ЯЗЫКЕ

Д.М. Гринцов, О.В. Гринцова, Н.В. Солманидина

Рассматривается работа с научным текстом на иностранном языке. Представлена классификация жанров научной литературы на иностранном языке и специфика построения научного текста.

Ключевые слова: научный текст, иностранный язык, аутентичный текст, научный стиль монография, научная статья

WORK WITH A SCIENTIFIC TEXT IN A FOREIGN LANGUAGE

D.M. Grintsov, O.V.Grintsova, N.V.Solmanidina

Work with a scientific text in a foreign language is considered. Classification of genres of scientific literature in a foreign language and specifics of creation of a scientific text is presented.

Keywords: scientific text, foreign language, authentic text, scientific style, monograph, scientific article

Аспиранты и соискатели технических университетов в процессе написания диссертаций должны уметь работать с аутентичными текстами научного стиля. Научный стиль речи характерен для текстов, предназначенных для сообщения точных сведений из какой-либо специальной области и для закрепления процесса познания.

Главной функцией научного стиля является интеллектуально-коммуникативная, остальные функции дополнительные [1]. Внутри научного стиля выделяются жанровые подразделения. Однако в науке считается, что различие внутри жанровых подразделений носит чисто количественный характер, и в них сохраняются основные качественные характеристики научного стиля [2].

Аспирант или соискатель в основном имеет дело с литературой следующих жанров: монография, статья, учебник или учебное пособие.

В литературе, посвященной жанровому многообразию научных произведений, можно проследить попытки классифицировать жанры, сгруппировать их на основе каких-либо общих признаков. Основные виды научных публикаций в зависимости от их объема делят на три группы: малые формы, средние формы и крупные формы. По этой классификации статья относится к средним формам, а учебник, учебное пособие и монография – к крупным.

В соответствии с этим подходом к жанровой дифференциации статья и монография включаются в одну группу ядерных жанров, то есть основных жанров, определяющих специфику стиля [3], а учебник в рамках этого подхода отнесен к периферийным жанрам, не составляющим основу стиля.

Рассмотрим монографию, статью, учебник и учебное пособие как жанры научного текста, с которыми должен работать аспирант или соискатель.

Монографию и статью можно отнести к собственно научному (академическому) подстилю. Учебник обнаруживает принадлежность к учебно-научному подстилю, учебник / учебное пособие играет важную роль в конкретизации содержания, отраженного в учебном предмете, развивает его логику в рамках предмета.

С точки зрения информационного статуса публикации исследователи единодушно отмечают информационную состоятельность монографии и статьи. Эти репрезентанты научного стиля являются результатом исследования автора или группы авторов, полемики по изучаемым вопросам или обзора существующих на этот счет точек зрения.

Учебник компилирует научные сведения, опираясь на собственно научные источники, поэтому вполне естественно, что учебник не имеет самостоятельной информационной ценности, свойственной статье и монографии. Тем не менее, отмечая информационную несамостоятельность учебника, следует признать его принадлежность к произведениям научного стиля речи. В пользу этого фактора свидетельствует строгая систематичность изложения, логичность построения, ясность и другие характерные научного стиля черты.

Следующим параметром является функциональная направленность публикаций, входящих в подстиль.

Репрезентанты собственно научного стиля – монография и статья – несут новые научные сведения читателю, имеющему уже достаточно высокий уровень научной компетенции. Цель жаров, включенных в собственно научный подстиль, состоит в передаче информации, как правило, по какому-либо узкому вопросу. Следовательно, общая направленность этих публикаций может быть квалифицирована как информирующая, аппелирующая к уже сложившимся взглядам и, безусловно, пропагандирующая отраженную в тексте монографии или статьи концепцию автора или группы авторов. Учебник отличается дидактической направленностью, изложение материала имеет образовательную цель, обучает основам данной науки. Учебно-научная литература строится по законам учебного процесса, отличается дедуктивным характером преподнесения материала, обилием примеров и иллюстраций [4].

Существенными параметрами, определяющими рассматриваемые жанры, являются отражение прагматической установки автора и содержание публикации. Эти установки автора являются свойством именно конкретных живых речевых образований. Прагматическая установка автора материализуется в тексте, сливается с ним, и наиболее важной ее стороной является не интенционность воздействия, а его результат [5].

Известно, что речевое произведение выполняет свою коммуникативную задачу только тогда, когда содержащаяся в нем информация адекватно воспринимается соответствующим реципиентом. Поэтому автор, если он хочет быть правильно понятым, ориентируется на определенного адресата речи. Таким образом, прагматическая установка очень часто прослеживается в интенциях авторов учебников и материализуется в тексте в зависимости от ступени обучения, для которой предназначен учебник. Учебник адресован, как правило, тем, кто познает основы науки и обладает минимальным уровнем собственно научной компетенции. Соответственно прагматической установкой автора учебника является изложение основ наук в рамках определенной концепции, а прагматическая установка автора или группы авторов монографии состоит в изменении взгляда реципиента на предмет или изменение объема известной реципиенту информации. Монография адресована специалисту, обладающему высоким уровнем компетенции в конкретной области науки.

Прагматическая установка автора научной статьи та же, что и автора монографии, что позволяет сделать вывод о совпадении характеристик этих жанров по данному параметру.

Специфика содержания публикации отражается, как правило, в способе подачи и характере информации. Отсюда следует вывод, что все рассматриваемые жанры научной речи заключают в себе содержательно-концептуальную информацию. Однако удельный вес этих видов информации, представленной в исследуемых жанрах, неодинаков.

Собственно научная литература, наряду с содержательно-фактуальной, обязательно содержит содержательно-концептуальную информацию, сообщающую читателю индивидуально-авторское понимание описываемого предмета или явления. В научных текстах содержательно-концептуальная информация выражена достаточно ясно, а содержательно-фактуальная всегда выражена эксплицитно. Характер учебно-научной литературы предполагает преобладание в ней содержательно-фактуальной информации, то есть она содержит сведения о гипотезах, выдвигаемых учеными, их взглядах, сопоставление фактов, их характеристики, возможные варианты решения проблем.

Как отмечалось выше, учебник излагает основные положения конкретной науки, то есть включает содержательно-фактуальную информацию, преподносимую реципиенту как достоверную, сложившуюся и обоснованную. Монография и статья как представители собственно научного текста органично и последовательно отражают переход гипотетической информации в достоверную. В каждом из этих жанров содержится гипотеза, отражающая индивидуально-авторское понимание описываемого, и задачей автора при этом является доказательство этой гипотезы и превращение ее в теорию. Следовательно, в репрезентантах собственно научного подстиля гипотетичность должна трансформироваться в достоверную концепцию, независимо от того, какую реакцию это вызывает у читающего, разделяет он точку зрения автора или нет.

Существенными параметрами при анализе жанра являются как репрезентация информации в научной публикации, так и ее объем.

Специфика построения научного текста заключается в том, что все его элементы упорядочиваются таким образом, чтобы создать максимально гибкую, информационно богатую структуру, которая постепенно разворачиваясь перед реципиентом в ходе непрямого акта коммуникации, влияет на его научную и мировоззренческую позицию в целом.

Для представителей учебно-научного подстиля характерным является последовательное изложение теоретических положений, содержащих объяснение, примеры, факты, их иллюстрирующие и приводящие к доказательству и определенным выводам. Соответственно, учебник отличается развернутостью изложения, эксплицитностью и последовательностью излагаемых фактов.

Кроме того, репрезентанты научного текста различаются в объеме. Объем жанра важен для композиционного оформления публикации.

Монография представляет собой текст большого объема, обладающий общей и частной структурой. Как и любой текст, монография поддается членению. Научная монография является образцом объемно-прагматического членения, определяющего объем имеющейся информации и учитывающего установку на внимание читателя. Каждое входящее в текст монографии единство может включать относительно самостоятельную научную и информационную ценность. Под структурой монографии, учитывая ее большой объем, можно понимать такую структуру текста, которая складывается из совокупности определенным образом выделенных частей текста, пересекающихся друг с другом и в совокупности исчерпывающих весь текст, и связей между этими частями. Остальные части научного текста являются относительно автономными. Возможность вычленять из научного текста отдельные относительно самостоятельные единства обеспечивает преемственный характер науки в целом. Членение научного текста позволяет широко осуществлять цитирование, заимствование определений и терминов, которые дают возможность заимствующему либо развивать концепции предшественников, либо создавать самостоятельные научные теории.

Статья представляет собой жанр средней формы. По объему статью можно сравнить с разделом монографии или учебника. Однако анализ жанров научной публикации показывает, что по большинству параметров статья совпадает с монографией.

Аспирантам и соискателям будет полезно знать, что самыми распространенными являются следующие типы статей: исследовательская статья, дискуссионная статья и обзорная статья.

В плане содержания исследовательская статья направлена на изучение явления или процесса на основе анализа практического материала, результатом которого является подтверждение или опровержение авторской гипотезы, разработка научной теории. Исследовательская статья посвящена, как правило, конкретному (качественному и количественному) изучению определенных явлений или процессов. В статье этого типа дается подробное описание исходных данных, процедуры анализа, интерпретируются полученные результаты, выводы из которых используются для разработки теоретических положений.

Функциональная задача дискуссионной статьи состоит в критическом подходе к спорным точкам зрения на ту или иную проблему. Такая статья отражает полемику, диалог автора со сторонниками других концепций. В дискуссионной статье автор чаще всего, подвергнув изучению какое-либо явление или процесс, полемизирует с имеющимися на это счет точками зрения и дает собственное толкование проблемы.

В обзорной статье автор ставит задачу обобщить существующие точки зрения на новом теоретическом уровне. Обзорная статья собирает материал, уже накопленный в конкретной области науки, и осуществляет его первичное обобщение. Обзор представляет собой не собственно научное произведение, а произведение о науке. Точка зрения автора обзора проявляется не в критических оценках, а в отборе материала, его классификации и способе его презентации.

Учебник, как и любой текст, обладает определенным структурным и композиционным оформлением. Исследователи отмечают своеобразие и сложность учебного текста, заключающиеся в его двусторонней сущности: с одной стороны, это «тексты в тексте», поскольку каждый учебник состоит из ряда относительно самостоятельных текстов, как, например, предисловие, основной текст, глава, а с другой – это единый текст большого объема. Принимая во внимание композиционную сложность оформления, можно считать целесообразным разграничения общей и частной структуры учебника. Общая структура представляет последовательность составных частей учебника в целом – титульный лист, предисловие, основной текст, индекс и др. Частная структура отражает особенности построения каждого раздела. Исследование учебников гуманитарного профиля показало, что каждый учебник состоит из ряда самостоятельных текстов, обладающих относительной автономностью, а с другой стороны – это текст, в котором существует ряд текстов.

Рассмотрев статью и монографию как репрезентантов собственно научного стиля, можно сделать вывод об их общих чертах.

Во-первых, статья и монография имеют общие черты, которые, бесспорно, существенны для методического аспекта обучения работе с научным текстом на иностранном языке. Эти жанры совпадают по принадлежности к подстилю. Их функцией является сообщение определенной информации, в изложении которой отражается концепция автора и многоаспектность понимания рассматриваемой им проблемы. Информация этих жанров излагается в форме гипотезы и/или ее доказательства, при этом содержание не препарируется и не трансформируется. Отдельные части информации компенсируются, а ряд ее элементов не выражен эксплицитно.

Во-вторых, у статей и разделов монографий прослеживается композиционное сходство, хотя вполне естественно, что определенное влияние на композицию этих жанров оказывает объем. Каждая структурная единица монографии (глава, параграф, раздел) имеет предшествующий и последующий текст, что создает у читателя пресуппозицию к излагаемой в данном разделе информации, дает большие фоновые знания, способствует более полной аргументации концепции автора. Однако принимая во внимание тот факт, что на практике изучается не вся монография сразу, а лишь

отдельные ее разделы, содержащие релевантную информацию, можно считать, что умение ориентироваться в композиционно-смысловой организации статьи может быть перенесено и на раздел или разделы монографии.

В-третьих, так как знание композиционно-смысловых особенностей специальной литературы оказывает существенное влияние на процесс извлечения информации, именно правила композиционно-смысловой организации определяют выбор использования средств языка в условиях письменного научного сообщения.

Список литературы

1. Арнольд, И.В. Стилистика. Современный английский язык / И.В. Арнольд. – М.: Флинта, Наука, 2012. – 384 с.
2. Будагов, Р.А. Введение в науку о языке: учебное пособие / Р.А. Будагов. – М.: Добросвет-2000, 2013. – 544 с.
3. Троянская, Е.С. Полевая структура научного стиля и его жанровых разновидностей / Е.С. Троянская // Общие и частные проблемы функциональных стилей. – М.: Наука, 2011. – С.16–27.
4. Митрофанова, О.Д. Научный стиль речи: проблемы обучения / О.Д. Митрофанова. – М.: Русский язык, 2010. – 128 с.
5. Наер, В.Л. Научная проблематика на страницах англоязычной газеты / В.Л. Наер // Функциональные стили и преподавание иностранных языков. – М.: Наука, 2013. – 137 с.

References

1. Arnold, I.V. Stylistics. Modern English / I.V. Arnold. – M.: Flint, Science, 2012. – 384 p.
2. Budagov, R.A. Introduction to science about language: manual / R.A. Budagov. – M.: Dobrosvet-2000, 2013. – 544 p.
3. Trojanskaya, E.S. Field structure of scientific style and its genre versions / E.S. Trojanskaya // Common and private problems of the functional styles. – M.: Science, 2011. – P. 16–27.
4. Mitrofanova, O.D. Scientific style of the speech: problems of tutoring / O.D. Mitrofanova. – M.: Russian, 2010. – 128 p.
5. Nayer, V.L. Scientific perspective on pages of English-language newspaper / V.L. Nayer // Functional styles and teaching foreign languages. – M.: Science, 2013. – 137 p.

УДК 372.8

Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства
Россия, 440028, г. Пенза,
ул. Германа Титова, д.28,
тел.: (8412) 48-27-37; факс: (8421) 48-74-77

Титова Елена Ивановна,
кандидат педагогических наук, доцент
кафедры «Математика и математическое
моделирование»

*Penza State University of Architecture
and Construction*

Russia, 440028, Penza, 28, German Titov St.,
tel.: (8412) 48-27-37; fax: (8412) 48-74-77

Titova Elena Ivanovna,
Candidate of Pedagogical, Associate Professor
of the department «Mathematics and
mathematical modeling»

ОРГАНИЗАЦИЯ МОДУЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ИЗУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКИ В СТРОИТЕЛЬНОМ ВУЗЕ

Е.И. Титова

Обсуждается организация модульного обучения при изучении математики в вузе. Выделены его особенности. Представлена методическая реализация модуля «Ряды». Приведены конкретные примеры изучения каждого блока модуля.

Ключевые слова: модульное обучение, методика преподавания математики в вузе

ORGANIZATION OF MODULAR TRAINING ON THE EXAMPLE OF STUDYING MATHEMATICS IN CONSTRUCTION UNIVERSITY

E.I. Titova

Organization of modular training in teaching mathematics in the university is discussed. Its features are highlighted. Methodological implementation of the «Rows» module is presented. Specific examples of studying each module unit is given.

Keywords: modular training, methods of teaching mathematics in university

Модульное обучение позволяет реально осуществить идею демократизации и гуманизации образования в системе повышения качества знаний студентов, основанных на признании личности полноправным субъектом познавательной деятельности, обладающим правом выбора содержания, форм, методов и средств самостоятельного и организованного обучения. Большое значение при данной системе обучения имеют такие процессы, как самообучение и взаимообучение, следовательно, студент имеет возможность влиять на дидактические процессы, в частности на процесс учения.

В модульной системе, в отличие от традиционной, изменяется роль преподавателя как элемента педагогической системы. В то же время предоставление определенной самостоятельности студенту в выборе целей, содержания, форм, методов и средств учебной деятельности не снижает его ответственности за процесс и результат обучения. Здесь отношения преподавателя и студента выражаются в «принципе паритетности», согласно которому субъекты становятся полноправными участниками учебного процесса, заинтересованными в достижении необходимого конечного результата. Присутствует выбор ими оптимального пути обучения для каждого конкретного студента. Преподаватель осуществляет взаимную связь, которая позволяет увидеть уровень подготовленности студентов, соответствие избранных форм, средств и т.д. содержанию обучения, проследить за качеством и темпом усвоения учебных элементов, модулей или всей программы в целом и на этой основе вовремя скорректировать процесс обучения. Преподаватель создает условия для самоуправления,

поэтому он определяет оптимальную долю личного участия в процессе управления обучением.

Значительное увеличение удельного веса самостоятельной работы и уменьшение лекционных занятий при модульном обучении требуют от преподавателя владения широким спектром разнообразных форм, методов и средств организационного обучения и стимулирования самообразовательной работы. Существенно изменяется функция преподавателя: акцент переносится с сугубо информационной на консультационно-координирующую; преподаватель предлагает варианты, пути усвоения знаний, ориентируясь на которые, студент строит индивидуальное обучение.

Рассмотрим методическое содержание модуля «Ряды» вузовского курса математики. Модуль состоит из входного, теоретического блоков и блока применения, закрепления и контроля знаний.

Входной блок носит в основном мотивационно-актуализирующий характер и содержит в себе как повторение ранее изученного материала, нужного для последующего изучения темы, так и сведения, направленные на повышение интереса обучающихся к материалу темы.

Обосновывая необходимость вводимого материала, целесообразно исходить из того, что понятие ряда вытекает из понятия последовательности. Следует пояснить и вспомнить, что последовательности представляют собой простейшие модели явлений и процессов реального мира, они достаточно точно моделируют физические, экономические и др. процессы, обладают определенными свойствами: монотонность, ограниченность и т.д., а также имеют качественное поведение (имеют предел или нет). Последовательности, как известно, могут быть заданы по-разному: явно, описанием, рекуррентно. Наиболее интересной в методическом плане задачей является определение общего члена последовательности. Здесь можно применить задачи на арифметическую и геометрическую прогрессии, которые являются простейшими представителями рядов, и тем самым перейти к отысканию сумм и формулировке самого понятия ряда.

Теоретический блок представляет собой накопление материала для решения последующих задач изучаемого модуля. На лекции преподаватель в роли консультанта может предоставить схему-таблицу, содержащую основные разделы данного модуля (рис. 1), предложив студентам дополнить таблицу определениями и примерами. Таким образом в данной таблице собирается весь теоретический материал по модулю. Использование схем, таблиц и графиков в существенной мере способствует наглядности представления материала, а следовательно, его систематизации. Например, на лекции, посвященной теме «Признаки сходимости знакоположительных рядов», вывод и формулировка признаков сходимости могут сопровождаться приведенной ниже таблицей.

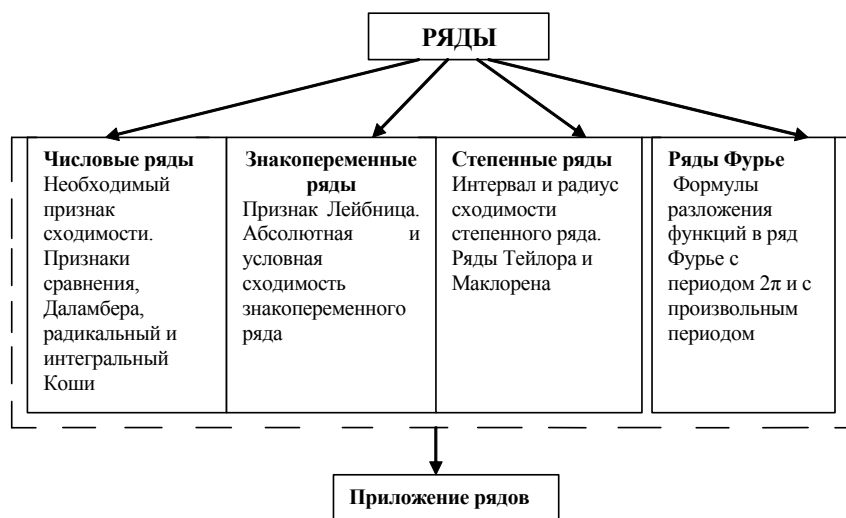


Рис. 1

Достаточные признаки сходимости	Пример
<p><u>Признак сравнения:</u> Пусть $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ и $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ – ряды с положительными членами, причем существует конечный отличный от 0 предел $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_n}{b_n}$. Тогда ряды $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ и $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ сходятся или расходятся одновременно.</p>	<p>$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n+5}{n^5-2}$. В качестве ряда b_n возьмем ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^4}$ – он сходится. $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n+5}{n^5-2} \cdot n^4 = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n^5+5n^4}{n^5-2} = 1$ Предел существует, следовательно, данный ряд сходится.</p>
<p><u>Признак Даламбера:</u> Пусть для ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ существует конечный предел $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{n+1}}{a_n} = l$. Тогда если $l < 1$, то ряд сходится; если $l > 1$ – ряд расходится. Если $l = 1$, то ряд может сходиться или расходиться.</p>	<p>$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^n}{n! \cdot 2^n}$ Решение: $a_{n+1} = \frac{(n+1)^{n+1}}{(n+1)! \cdot 2^{n+1}}$ $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(n+1)^{n+1}}{(n+1)! \cdot 2^{n+1}} \cdot \frac{n! \cdot 2^n}{n^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{(n+1)^n}{2 \cdot n^n} = \frac{1}{2} \lim_{n \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = \frac{e}{2} > 1 \Rightarrow \text{расходится}$</p>
<p><u>Радикальный признак Коши:</u> Пусть для ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ существует конечный предел $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{a_n} = l$. Тогда если $l < 1$, то ряд сходится; если $l > 1$ – ряд расходится. Если $l = 1$, то ряд может сходиться или расходиться.</p>	<p>$\sum_{n=1}^{\infty} n \cdot \left(\frac{3n+2}{2n+1}\right)^n$ Решение: $\lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{n \cdot \left(\frac{3n+2}{2n+1}\right)^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{n} \cdot \frac{3n+2}{2n+1} = \frac{3}{2} > 1$ $\Rightarrow \text{расходится}$</p>
<p><u>Интегральный признак Коши:</u> Пусть ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ с положительными членами, для которого существует положительная, непрерывная и монотонно убывающая на промежутке $[1; \infty)$ функция $f(x)$, такая, что $f(x) = a_n$. Тогда ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ и несобственный интеграл $\int_1^{\infty} f(x) dx$ сходятся или расходятся одновременно.</p>	<p>$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+1) \ln(n+1)}$ Решение: $f(x) = \frac{1}{(x+1) \ln(x+1)}$ $\int_1^{\infty} \frac{dx}{(x+1) \ln(x+1)} = \lim_{a \rightarrow \infty} \int_1^a \frac{dx}{(x+1) \ln(x+1)} = \lim_{a \rightarrow \infty} \ln \ln(x+1) \Big _1^a = \lim_{a \rightarrow \infty} (\ln \ln(a+1) - \ln \ln 2) = \infty$ Интеграл расходится, следовательно ряд расходится.</p>

Блок по применению состоит из решения задач по изучаемой теме. Возможно составление опорных схем, помогающих в решении задач на практических занятиях.

Пример схемы для исследования ряда приведен на рис. 2.

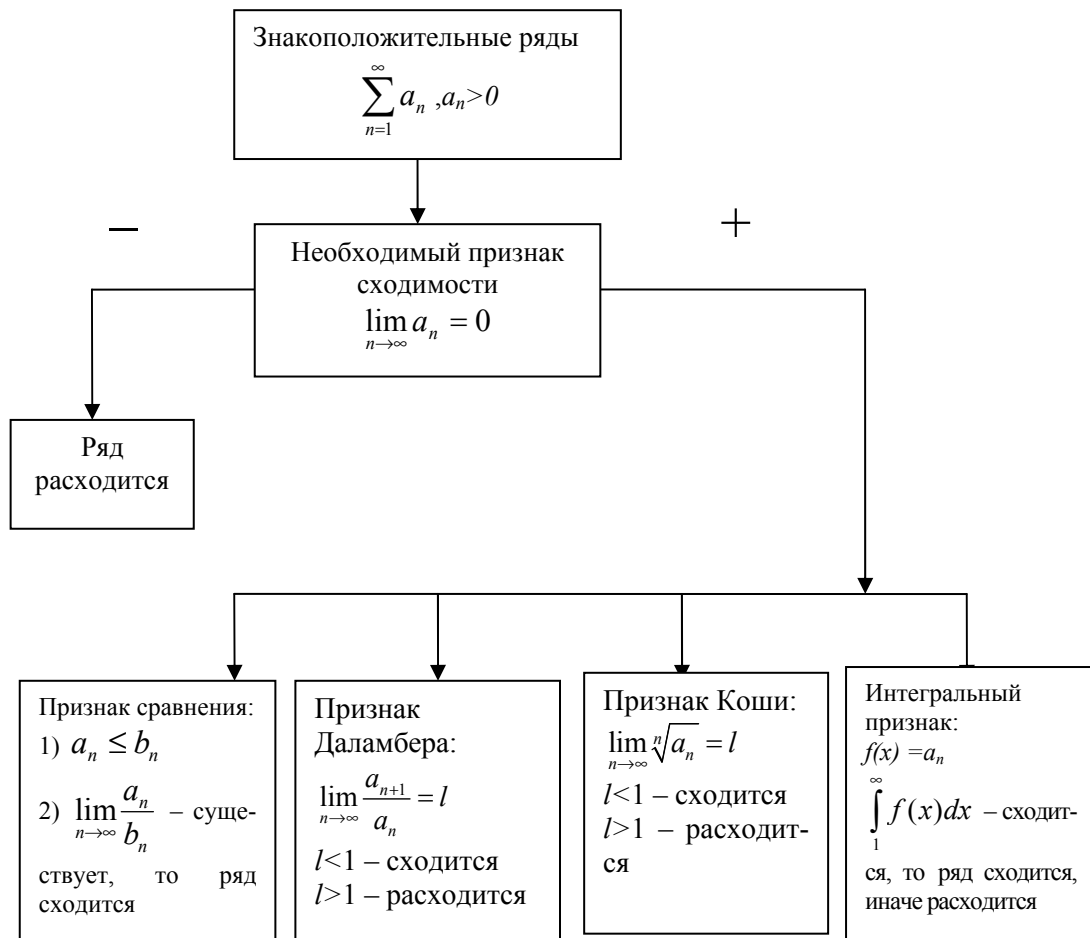


Рис. 2. Схема исследования ряда

В блоке закрепления в ходе практических занятий преподаватель дает карточки с заданиями по изучению признаков сходимости рядов. Примеры:

1. Могут ли следующие ряды быть сходящимися?

$$a) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n+1}{2n+1}; \quad б) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^2}{n^3+2}; \quad в) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^2+3}{(n+2)(n+5)}.$$

2. Приведите примеры расходящихся и сходящихся рядов.

3. Исследовать ряд на сходимость, пользуясь признаками сравнения:

$$a) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n+5}{n^2-2}; \quad б) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sqrt{n} + \sqrt[3]{n}}{n + \sqrt[3]{n^5}}; \quad в) \sum_{n=1}^{\infty} \ln \left(\frac{n^2+1}{n^2} \right).$$

4. Исследовать ряд на сходимость, применяя один из достаточных признаков сходимости; обосновать выбранный признак:

$$a) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^5}{5^{n+1}}; \quad б) \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{n+2}{2n+1} \right)^{3n+1}; \quad в) \sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n\sqrt{\ln n}}.$$

Решая первое задание, студенты осознают важность выводов, которые можно сделать, пользуясь лишь необходимым признаком сходимости. Зная, как ведут себя некоторые ряды (гармонический, обобщенный гармонический ряд, бесконечно убывающая геометрическая прогрессия и др.), условия Дирихле и формулировку необходимого признака сходимости, они без труда сами придумают сходящийся и расходящийся ряд. После актуализации правил вычисления пределов и знакомства с

формулировками достаточных признаков они без особого труда могут выполнить два последних задания.

Модульное обучение отличается достаточно большой долей самостоятельной работы, поэтому преподаватель предлагает студентам отыскать дополнительный материал по изученным темам. Так, в качестве одного из примеров применения математических рядов в строительстве (тема доклада, предлагаемая студентам-первокурсникам) можно рассмотреть ряды предпочтительных чисел (ряды, подчиняющиеся определенной математической закономерности), являющиеся одной из теоретических основ стандартизации.

Блок контроля содержит один из видов запланированных учебным планом работ: тест, контрольная работа, типовой расчет и т.д. Преподаватель определяет сроки сдачи работы и по итогам изучения модуля выставляет баллы, заработанные студентом.

Список литературы

1. Акимова, И.В. Возможности реализации модульного подхода при обучении бакалавров педагогических специальностей на примере темы «Введение в алгебру логики» / И.В. Акимова, О.М. Губанова, Е.И. Титова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. – С. 230.
2. Ермолаева, Е.И. Систематизация математических знаний у студентов строительных специальностей в рамках модульного обучения / Е.И. Ермолаева // Наука и школа. – 2008. – № 1. – С. 33–37.
3. Ермолаева, Е.И. Особенности реализации модульного обучения в системе высшего образования/ Е.И. Ермолаева // В мире научных открытий. – 2010. – № 4–5. – С. 109–110.
4. Юцявичене, П.А. Теория и практика модульного обучения / П.А. Юцявичене. – Каупас, 1989. – 325 с.

References

1. Akimova, I.V. Possible implementation of modular approach in teaching students of pedagogical specialties on the example of the theme «Introduction to the algebra of logic» / I.V. Akimova, O.M. Gubanova, E.I. Titova // Modern problems of science and education. – 2013. – № 5. – P. 230.
2. Ermolaeva, E.I. Systematization of mathematical knowledge among students of building specialties within the modular learning / E.I. Ermolaeva // Science and school. – 2008. – № 1. – P. 33–37.
3. Ermolaeva, E.I. Features the implementation of modular teaching in higher education / E.I. Ermolaeva // In the world of scientific discoveries. – 2010. – № 4–5. – P. 109–110.
4. Yucevichene, P.A. Theory and practice of modular training / P.A. Yucevichene. – Kaupas, 1989. – 325 p.

