

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический университет»
(ТвГТУ)

**ВЕСТНИК
ТВЕРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Серия «Строительство.
Электротехника и химические технологии»**

Научный рецензируемый журнал

№ 4 (4), 2019

Тверь 2019

Вестник Тверского государственного технического университета: научный журнал. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». Тверь: Тверской государственный технический университет, 2019. № 4 (4). 100 с.

Включает научные статьи, подготовленные на основе результатов исследований и экспериментальных разработок в области строительства, электротехники и химических наук, выполненных учеными и специалистами-практиками ведущих вузов и научно-исследовательских учреждений нашей страны и зарубежья. Представлены работы, соответствующие профилю издания по следующим научным отраслям: 05.23.00 Строительство и архитектура; 05.09.00 Электротехника; 05.17.00 Химическая технология.

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Регистрационный номер: Эл № ФС77-74949 от 25 января 2019 года.

Индексируется в базе данных Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

**Вестник Тверского
государственного технического
университета. Серия
«Строительство. Электротехника
и химические технологии»**

Учредитель и издатель
ФГБОУ ВО «Тверской
государственный технический
университет»

Адрес редакции

170026, г. Тверь, наб. Афанасия
Никитина, д. 22

Тел. редакции +7 (4822) 78-89-00

E-mail: common@tstu.tver.ru

Цена свободная

Дата выхода в свет 30.12.2019

Формат 60x84 1/8

Тираж 500 экз.

ISSN 2686-794X

Главный редактор

Гультияев В.И. – д.т.н., доц.

Заместители главного редактора:

Белов В.В. – д.т.н., проф.;

Луцик В.И. – д.х.н., проф.;

Макаров А.Н. – д.т.н., проф.

Ответственный секретарь

Новиченкова Т.Б. – к.т.н., доц.

Редакционная коллегия:

Качанов А.Н. – д.т.н., проф.;

Коротких Д.Н. – д.т.н., проф.;

Косивцов Ю.Ю. – д.т.н., проф.;

Лепешкин А.Р. – д.т.н.;

Матар П.Ю. – к.т.н., доц.;

Недосеко И.В. – д.т.н., проф.;

Никольский В.М. – д.х.н., проф.;

Строкова В.В. – проф. РАН., д.т.н.,
проф.;

Трещев А.А. – д.т.н., проф.;

Фишер Х.-Б. – д.-инженер;

Ясинская Н.Н. – к.т.н., доц.

**Vestnik of Tver State Technical
University. Series «Building.
Electrical engineering and chemical
technology»**

Founder and Publisher

Federal State Budget Educational
Institution of Higher Education, Tver
State Technical University

Address

22, embankment of Afanasiy Nikitin,
170026, Tver, Russia

Tel. +7 (4822) 78-89-00

E-mail: common@tstu.tver.ru

Open price

Release Date 30.12.2019

Format 60x84 1/8

Printing run 500 copies

ISSN 2686-794X

Editor-in-Chief

Gul'tyaev V.I. – d.t.s., Assoc. Prof.

Vice Editor-in-Chief

Belov V.V. – d.t.s., Prof.;

Lucik V.I. – d.c.s., Prof.;

Makarov A.N. – d.t.s., Prof.;

Executive Secretary

Novichenkova T.B. – k.t.s., Assoc. Prof.

Editorial team

Kachanov A.N. – d.t.s., Prof.;

Korotkih D.N. – d.t.s., Prof.;

Kosivcov Y.Y. – d.t.s., Prof.;

Lepeshkin A.R. – d.t.s.;

Matar P.Y. – k.t.s., assoc. prof.;

Nedoseko I.V. – d.t.s., Prof.;

Nikol'skij V.M. – d.c.s., Prof.;

Stroкова V.V. – prof. RAS., d.t.s., Prof.;

Treshchev A.A. – d.t.s., Prof.;

Fisher H.-B. – d.-ingeneer;

Yasinskaya N.N. – k.t.s., Assoc. Prof.

СОДЕРЖАНИЕ

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

<i>Белов В.В.</i> Капиллярное структурообразование в трехфазных сырьевых смесях.....	7
<i>Карцева В.В., Демичева М.Ю., Матвеева А.А.</i> К вопросу идентификации объекта недвижимости.....	17
<i>Кочетков Р.С., Курятников Ю.Ю.</i> Керамзитобетон для монолитного строительства с применением комплексных добавок.....	24
<i>Плюснин М.Г., Краев А.А., Александров С.И.</i> Влияние композитной арматуры на прочностные характеристики бетонных конструкций.....	30
<i>Соколов С.А., Баркая Т.Р., Гавриленко А.В., Куляев П.В.</i> Расчет общей устойчивости многоэтажных зданий.....	35
<i>Степанова Л.А.</i> Личный кабинет кадастрового инженера.....	41
<i>Трофимов В.И.</i> Эффективная технология термостабилизации насыпи железной дороги на вечномерзлых грунтах.....	45
<i>Фадеев В.В.</i> Исследование явления биений при механических колебаниях с позиции геомеханики.....	51

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

<i>Араратьян Л.С., Крупнов А.В., Прокофьев А.В.</i> Состояние энергетической системы России на 2019 г. Планы модернизации.....	56
--	----

Курятников Ю.Ю. Энергоэффективная мастичная гидроизоляция для мостовых сооружений..... 64

Шум Ал.Ан., Ветошкин А.М., Шум Ан.Ал. О двух видах симметрии функции плотности..... 70

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Семеенков С.Д., Копылова Т.С., Семеенков Д.С. Преимущества метода вулканизации тканей с полимерными покрытиями с использованием псевдооживленного теплоносителя..... 84

Семеенков С.Д., Копылова Т.С., Семеенков Д.С. Температурный режим и продолжительность вулканизации плащевых тканей в псевдооживленном слое и их влияние на адгезионную прочность..... 88

Смирнов М.А., Трофимов В.И., Цыбина Р.З., Ясюкович В.А. Повышение эффективности использования отходов промышленности в Сибирских и Восточных регионах России..... 92

CONTENTS

CONSTRUCTION AND ARCHITECTURE

<i>Belov V.V.</i> Capillary structurization in raw three-phase compositions.....	7
<i>Kartseva V.V., Demicheva M.Y., Matveeva A.A.</i> On the issue of identification of the property.....	17
<i>Kochetkov R.S., Kuryatnikov Y.Y.</i> Concrete for monolithic construction with the use of complex additives.....	24
<i>Plusnin M.G., Kraev A.A., Alexandrov S.I.</i> Influence of composite reinforcement on strength characteristics of concrete structures.....	30
<i>Sokolov S.A., Barkaya T.R., Gavrilenko A.V., Kuliaev P.V.</i> Calculation of the general stability of multi-storey buildings.....	35
<i>Stepanova L.A.</i> Personal electronic office of cadastral engineer.....	41
<i>Trofimov V.I.</i> Effective technology of thermal stabilization of railway embankments on permafrost.....	45
<i>Fadeev V.V.</i> Study of beat phenomenon in mechanical oscillations from geomechanical position.....	51

ELECTRICAL ENGINEERING

<i>Araratyan L.S., Krupnov A.V., Prokofiev A.V.</i> State of the Russian energy system for 2019. Modernization plan.....	56
<i>Kuryatnikov Y.Y.</i> Energy efficient mastic waterproofing for bridge structures.....	64
<i>Shum Al.An., Vetoshkin A.M., Shum An.Al.</i> On two types of symmetry of the density function.....	70

CHEMICAL TECHNOLOGY

<i>Semeenkov S.D., Kopylova T.S., Semeenkov D.S.</i> The advantages of use of the curing tissue with polymeric coatings using fluidized bed coolant.....	84
<i>Semeenkov S.D., Kopylova T.S., Semeenkov D.S.</i> The temperature and duration of curing mantle tissue in the fluidized bed and their effect on adhesion strength.....	88
<i>Smirnov M.A., Trofimov V.I., Tsybina R.Z., Yasyukovich V.A.</i> Improving efficiency of using industrial waste in Siberian and Far East Federal regions of Russia.....	92

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА



УДК 691.539

КАПИЛЛЯРНОЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЕ В ТРЕХФАЗНЫХ СЫРЬЕВЫХ СМЕСЯХ

В.В. Белов

Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

Аннотация. Рассмотрены предпосылки разработки научных методик определения оптимальной влажности сырьевой смеси с учетом капиллярного структурообразования в трехфазных сырьевых смесях, определяющего формирование полидисперсных структур в условиях баланса межчастичных сил.

Ключевые слова: дисперсные системы, наночастицы, прессованные бетоны на цементной связке, капиллярное структурообразование, оптимальная влажность, баланс межчастичных сил.

ВВЕДЕНИЕ

В технологии изготовления многих строительных материалов, получаемых методом полусухого прессования из трехфазных сырьевых смесей (вибропрессованные бетонные изделия, керамический кирпич и плитка, силикатный кирпич и др.), необходимо подбирать оптимальную влажность смеси для обеспечения показателей качества выпускаемой продукции [1].

Формирование структуры трехфазной сырьевой смеси, которая во многом наследуется в структуре и свойствах готовых изделий, происходит под влиянием аутогезии частиц порошка. Аутогезия представляет собой силовое взаимодействие между контактирующими частицами и определяется разрывной прочностью контактов между ними. Сила аутогезии складывается из сил различной природы, а именно: силы молекулярного взаимодействия (силы Ван-дер-Ваальса и когезии), электрических, капиллярных сил и сил механического зацепления. Аутогезия определенного порошкового материала может быть обусловлена одновременным действием нескольких сил. Взаимно исключаящими являются только электрические и капиллярные силы [2, 3].

Аутогезия в технологических процессах оказывает как положительное, так и отрицательное влияние. В случаях, когда необходимо уменьшить дисперсность порошков или предотвратить расслаивание порошковой смеси, аутогезия оказывает благоприятное влияние. В то же время в процессах смешивания однородность смеси может существенно нарушаться в результате образования агрегатов [2, 4–6, 8, 9]. Силы аутогезии способствуют слеживанию, образованию арочных структур, а также сводов при истечении порошков из бункеров и иных емкостей [2, 5–7, 10–14].

Исследования влияния влажности цементно-водных дисперсий на их плотность в насыпном и уплотненном состояниях [15–17] показали, что минимальная насыпная плотность дисперсий и максимальное давление прессования для уплотнения до одной и той же средней плотности достигаются при определенных значениях влажности. Данные факты, очевидно, объясняются максимумом сил аутогезии при данных критических значениях влажности дисперсий.

Существование критических значений влажности, при которых силы аутогезии достигают максимума, представляет большой практический интерес, так как в производстве многих строительных материалов регулирование влажности и выбор ее оптимума имеет целью получение наибольшей прочности материала как в свежесформованном состоянии, так и в готовых изделиях [18]. Следовательно, необходимо наличие научной гипотезы, объясняющей наличие максимума сил аутогезии при определенных критических значениях влажности в трехфазных дисперсных системах, причем значительно отличающихся от нуля, что не согласуется с результатами вычисления, в частности, капиллярных сил между двумя шарообразными частицами, которые с увеличением количества смачиваемой жидкости в зоне их контакта только убывают [19].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поскольку капиллярная аутогезия имеет место во всех трехфазных дисперсных системах, используемых для производства строительных материалов, а сами они весьма разнообразны, капиллярная аутогезия и структурообразование в данной работе изучались на дисперсиях молотого кварцевого песка с различной удельной поверхностью. Исследования проводились при варьировании влажности систем от нуля до максимальной влажности, соответствующей переходу дисперсных систем из трехфазного в двухфазное состояние, то есть полному водонасыщению.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Измерения прочности на растяжение образцов молотого песка с различной удельной поверхностью, уплотненных до постоянной пористости, в зависимости от влажности экспериментально подтвердили наличие максимальной капиллярной адгезии при определенной влажности, существенно отличающейся от нуля [1].

Максимальная капиллярная адгезия для дисперсной системы с постоянной удельной поверхностью независимо от степени ее уплотнения достигается при одинаковой критической влажности W_{mc} (рис. 1).

С увеличением удельной поверхности системы значения критической влажности W_{mc} будут возрастать (рис. 2).

Представляет интерес изменение насыпной плотности исследуемых систем в пересчете на сухое вещество, косвенно характеризующей их структуру, в зависимости от влажности (рис. 3).

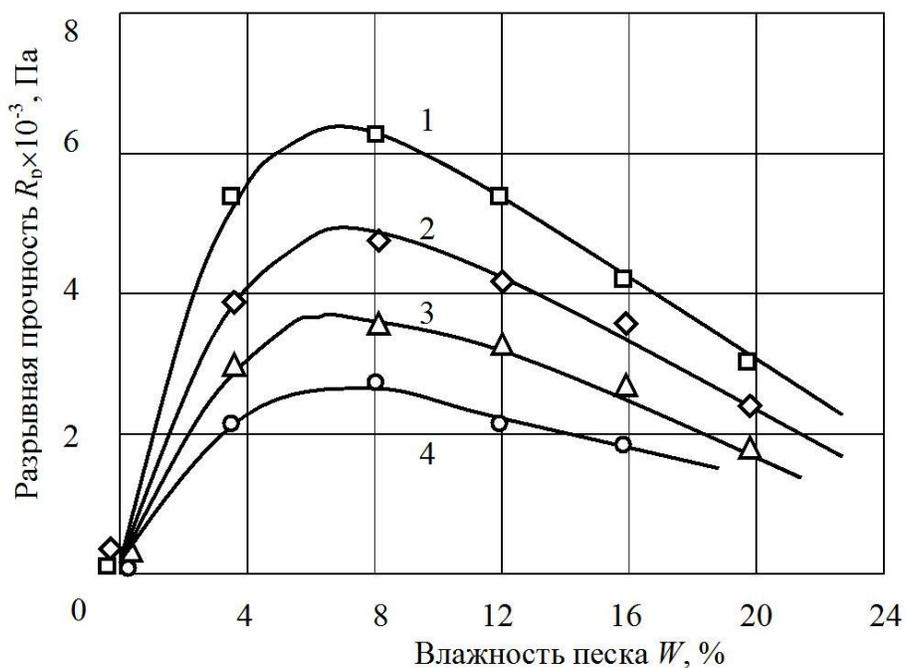


Рис. 1. Разрывная прочность образцов из песка с удельной поверхностью $298 \text{ м}^2/\text{кг}$ в зависимости от влажности при пористости, %: 1 – 42; 2 – 46; 3 – 50; 4 – 54

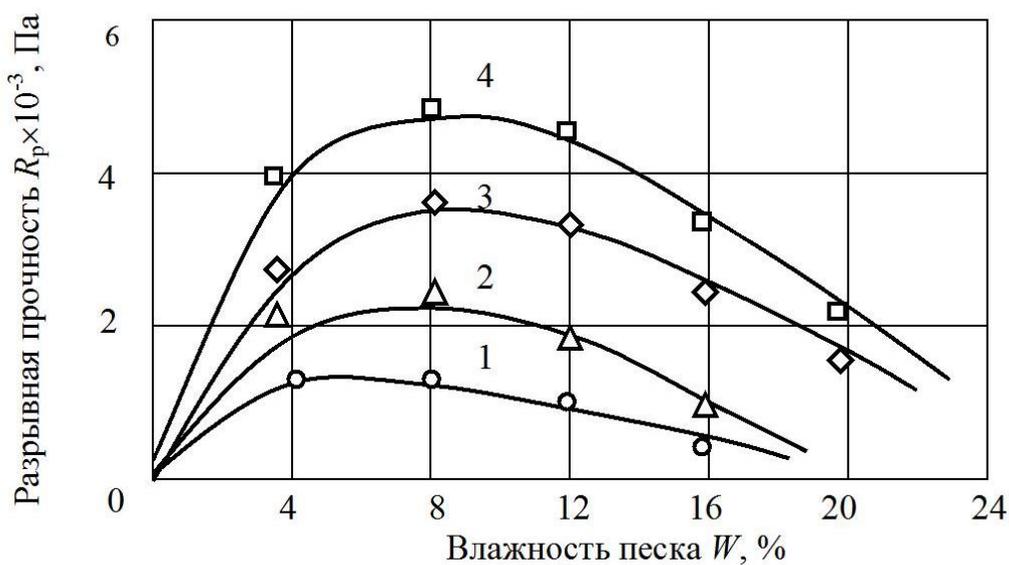


Рис. 2. Разрывная прочность образцов из молотого песка в зависимости от влажности при пористости 50 % и удельной поверхности, $\text{м}^2/\text{кг}$: 1 – 103; 2 – 196; 3 – 298; 4 – 384

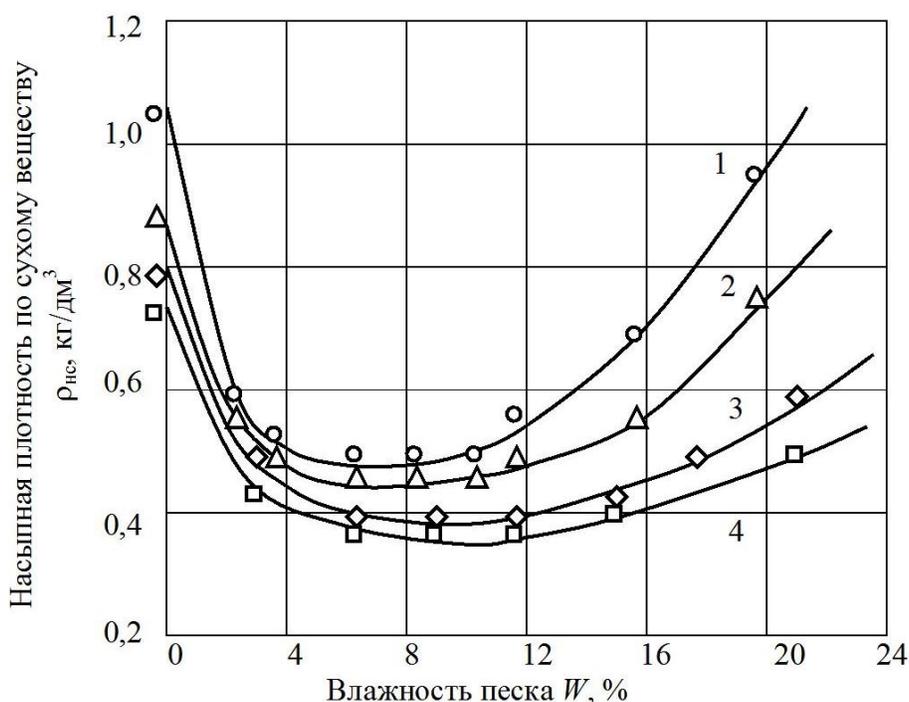


Рис. 3. Зависимость насыпной плотности молотого песка по сухому веществу от влажности при удельной поверхности, м²/кг:
 1 – 103; 2 – 196; 3 – 298; 4 – 384

Если дисперсная система получена помолом материала, то минимум ее насыпной плотности в пересчете на сухое вещество наблюдается при критической влажности $W_{мс}$, соответствующей максимуму разрывной прочности или капиллярного сцепления (рис. 4). Это объясняется наибольшим эквивалентным диаметром агрегатов, образующихся из частиц, вследствие максимального развития сил капиллярного сцепления в системе при влажности $W_{мс}$. Возрастанием капиллярного сцепления в системе объясняется также снижение величины насыпной плотности с увеличением удельной поверхности песка при его одинаковой влажности.

Поскольку критическая влажность $W_{мс}$, соответствующая максимальной капиллярной аутогезии, представляет большой практический интерес, актуальным является вопрос обоснования этой влажности для дисперсных систем и ее зависимости от параметров системы.

Известно, что при постепенном увеличении влажности первоначально сухой системы первые слои молекул на поверхности твердых частиц образуют адсорбционные слои, жидкость в которых отличается особыми свойствами. Образование мениска в контактной зоне между частицами возможно только после того, как толщина адсорбционного слоя на одной из контактирующих частиц достигнет предельной толщины и станет возможным существование объемной жидкой фазы. В этот момент объем жидкости в зоне контакта будет соответствовать тому минимуму, при котором силы капиллярной аутогезии максимальны. Чтобы определить соответствующую

этому моменту влажность системы, нужно найти предельную толщину адсорбционного слоя на ее частицах h_{mc} .

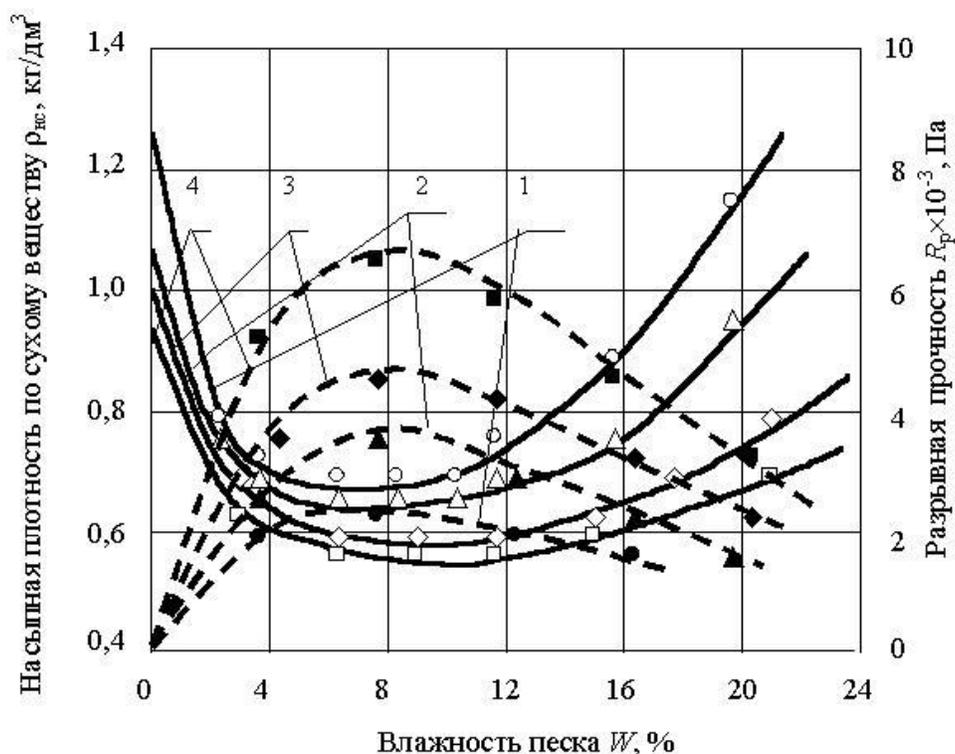


Рис. 4. Изменение насыпной плотности молотого песка по сухому веществу (сплошная линия) и его разрывной прочности при пористости образцов 46 % (пунктир) в зависимости от влажности при удельной поверхности песка, m^2/kg : 1 – 103; 2 – 196; 3 – 298; 4 – 384

Величина δ_{mc} определяется из условия равенства энергии притяжения молекулы жидкости, находящейся на поверхности адсорбционного слоя, к твердой частице $E_{пр}$ и энергии ее испарения с поверхности того же слоя $L_{исп}$, то есть

$$E_{пр} = L_{исп}.$$

При этом равенстве наступает равновесие между адсорцией и десорбцией молекул жидкости на поверхности частицы, толщина адсорбционного слоя достигает максимума δ_{mc} , становится возможным образование объемной жидкой фазы на поверхности частицы и зародышей менисков в зонах их контактов.

Вначале рассмотрим энергию притяжения мономолекулярного слоя жидкости к твердому телу, считая ее равной работе отделения жидкости от твердого тела (рис. 5). При таком отделении, если как жидкость, так и твердое тело находятся в воздухе, образуются две поверхности: поверхность жидкости с поверхностным натяжением на границе с воздухом σ_{12} и поверхность твердого тела с поверхностным натяжением на границе с воздухом σ_{23} , а поверхность раздела «жидкость – твердое тело» с поверхностным

натяжением σ_{13} перестанет существовать. Затраченная на отделение работа (работа адгезии) на единицу поверхности рассчитывается по формуле

$$\frac{A}{S_{\text{пов}}} = \sigma_{12} + \sigma_{23} - \sigma_{13}.$$

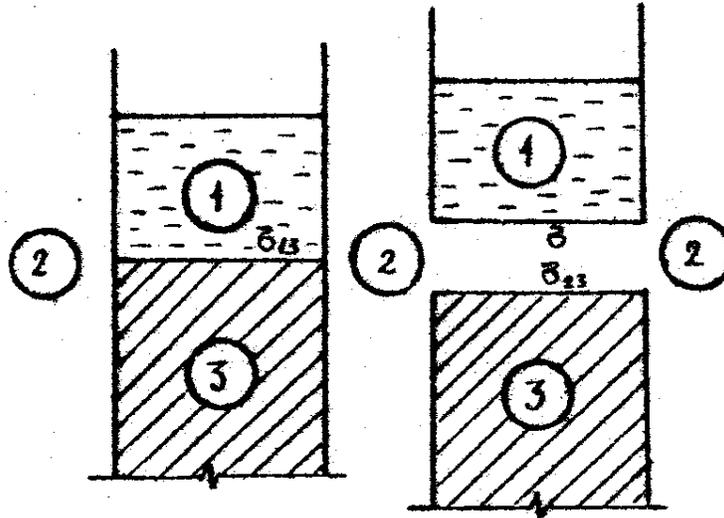


Рис. 5. Отделение жидкости 1 от твердого тела 3 в воздухе 2

Поскольку поверхностные натяжения твердого тела на границе с воздухом σ_{23} и жидкостью σ_{13} неизвестны, выразим их через поверхностное натяжение жидкости и угол смачивания по известной формуле Юнга:

$$\cos\theta = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}}.$$

Подставив значение $(\sigma_{23} - \sigma_{13})$ из последнего уравнения в предыдущее, получим

$$\frac{A}{S_{\text{пов}}} = \sigma_{12} + \sigma_{12} \cdot \cos\theta = \sigma_{12} (1 + \cos\theta) = E.$$

Энергия отрыва, отнесенная к одной молекуле:

$$E_0 = E \cdot S_m = \sigma_{12} (1 + \cos\theta) \cdot S_m,$$

где S_m – проекция поверхности молекулы на поверхность раздела.

Считая, что энергия отрыва молекулы равна энергии ее притяжения к твердой частице, и учитывая уменьшение энергии притяжения молекулы к твердой частице с увеличением расстояния по известной зависимости Гамакера, найдем энергию притяжения молекулы, расположенной на поверхности адсорбционного слоя толщиной δ_c :

$$E_{\text{пр}} = \frac{E_0}{\delta_c^n}. \quad (1)$$

Энергия испарения $L_{\text{исп}}$, как известно из термодинамики, зависит от давления насыщенного пара и температуры:

$$\ln p_r = -L_{\text{исп}} \left(\frac{1}{RT} - \frac{1}{RT_{\text{кип}}} \right),$$

где $T_{\text{кип}}$ – нормальная температура кипения жидкости.

Давление насыщенного пара над выпуклой поверхностью p_r определяется по уравнению Томсона (Кельвина):

$$\ln p_r = \ln p + \frac{2\sigma_{12}}{r} \cdot \frac{V_M}{RT},$$

где V_M – объем молекулы.

Подставив значение $\ln p_r$ из последнего равенства в предыдущее, найдем $L_{\text{исп}}$, а затем, приравняв ее абсолютное значение к энергии $E_{\text{пр}}$, вычисленной по уравнению (1) при $\delta_c = \delta_{\text{мс}}$, получим

$$L_{\text{исп}} = \frac{\ln p + \frac{2\sigma_{12}}{r} \cdot \frac{V_M}{RT}}{\frac{1}{RT} - \frac{1}{RT_{\text{кип}}}} = \frac{\sigma_{12} (1 + \cos\theta) \cdot S_M}{\delta_{\text{мс}}^n}. \quad (2)$$

Площадь проекции молекулы жидкости на плоскость S_M вычислим по уравнению

$$S_M = \left(\frac{3V_M}{4N_a} \right)^{\frac{2}{3}},$$

где N_a – число Авогадро.

Подставив значение S_M в уравнение (2), найдем

$$\delta_{\text{мс}} = \frac{\sigma_{12} (1 + \cos\theta) \cdot \left(\frac{1}{RT} - \frac{1}{RT_{\text{кип}}} \right) \left(\frac{3V_M}{4N_a} \right)^{\frac{2}{3}}}{\ln p + \frac{2\sigma_{12}}{r} \cdot \frac{V_M}{RT}}. \quad (3)$$

Используем полученную зависимость для качественного анализа явлений, происходящих в начальный период увлажнения дисперсных систем.

Главный вывод, который следует из уравнения (3), состоит в том, что максимальная толщина слоя жидкости на поверхности частиц $\delta_{\text{мс}}$, при которой зарождается объемная жидкая фаза и возможно образование мениска в зоне контакта частиц, зависит от радиуса кривизны мениска r . Если этот радиус приравнять к радиусу частицы R_c , то оказывается, что в зонах контакта частиц меньшего размера мениски могут образоваться при меньшей толщине $\delta_{\text{мс}}$, то есть раньше, чем в зонах контакта крупных частиц, так как $\delta_{\text{мс}}$, согласно уравнению (3), с уменьшением r также уменьшается. Следует учесть, что в уравнение (3) входит не радиус частицы, а радиус кривизны мениска, который на ребрах и вершинах,

имеющихся у частиц, может быть в десятки раз меньше радиуса самой частицы. Тогда толщина слоя δ_{mc} , при которой начинается образование менисков в зонах контакта ребристых поверхностей частиц, может быть значительно меньше, чем в зонах контакта частиц, близких по форме к шару или грубодисперсных.

Изложенные выше следствия, вытекающие из уравнения (3), позволяют объяснить причину увеличения капиллярной аутогезии и снижения насыпной плотности дисперсных систем при изменении влажности от нуля до W_{mc} .

В дисперсной системе в зонах контакта остроугольных ребристых частиц появляется объемная жидкая фаза и зарождаются мениски при очень малой толщине адсорбционных слоев, а следовательно, при малой влажности системы. По мере увеличения толщины адсорбционных слоев появляются объемная жидкая фаза и мениски на ее поверхности в зонах контакта частиц все больших размеров, то есть происходит рост числа контактов, в которых проявляется капиллярная аутогезия. Растет и прочность контактов в системе, а ее насыпная плотность снижается.

Так продолжается до того момента, когда силы капиллярной аутогезии появляются в зонах контакта всех частиц. Капиллярная аутогезия между частицами достигает максимума (если не считать, что в зонах контакта, где силы капиллярной аутогезии появились первыми, с ростом влажности они несколько уменьшаются), а влажность дисперсной системы – критического значения W_{mc} .

С этих же позиций можно объяснить и стабильность W_{mc} при изменении пористости системы. Поскольку максимум сил капиллярной аутогезии наблюдается в момент появления менисков, когда влага сосредоточена не в зонах контакта, а на поверхности частиц, то число контактов не должно влиять на количество жидкости в этот момент, то есть на критические значения влажности W_{mc} .

Образовавшаяся в начальный период приготовления капиллярная структура сырьевой смеси полностью или частично сохранится в процессе формования изделий и унаследует в структуре и свойствах готовых изделий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Капиллярное структурообразование – одна из главных причин образования гранул при перемешивании сырьевых смесей и снижения их однородности.

Образование гранул и других элементов капиллярной структуры оказывает глубокое влияние на уплотнение и другие процессы формования изделий, так как значительная часть энергии при формовании расходуется на разрушение связей, порождаемых силами капиллярной аутогезии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миронов В.А., Белов В.В., Голубев А.И., Смирнов М.А. Оптимизирование композиций для изготовления строительных смесей. СПб.: РИА «Квинтет», 2008. 416 с.
2. Зимон А.Д., Андрианов Е.И. Аутогезия сыпучих материалов. М.: Металлургия, 1978.
3. Удалов Ю.П., Германский А.М. Технология неорганических порошковых материалов и покрытий функционального назначения. СПб.: Янус, 2001. 428 с.
4. Zimon A.D. Adhesion of dust and powder. Springer Science & Business Media. 2012. 450 p.
5. Li Hongming. Impact of cohesion forces on particle mixing and segregation. Diss. University of Pittsburgh, 2006.

6. Halidan M. [et al.]. The effect of interparticle cohesion on powder mixing in a ribbon mixer // *AICHE Journal*. 2016. Vol. 62. No. 4, pp. 1023–1037.
7. Podczec F., Newton J.M., James M.B. Adhesion and autoadhesion measurements of micronized particles of pharmaceutical powders to compacted powder surfaces // *Chemical and pharmaceutical bulletin*. 1995. Vol. 43. No. 11, pp. 1953–1957.
8. Bridgwater J. Fundamental powder mixing mechanisms // *Powder Technology*. 1976. Vol. 15. No. 2, pp. 215–236.
9. Orr N.A., Shotton E. Mixing of cohesive powders // *Chemical Engineer-London*. 1973. No. 269, pp. 12–19.
10. Parteli E.J.R. [et al.]. Attractive particle interaction forces and packing density of fine glass powders // *Scientific reports*. 2014. Vol. 4, pp. 6227.
11. Ku N. [et al.]. Auto-granulation of fine cohesive powder by mechanical vibration // *Procedia engineering*. 2015. Vol. 102, pp. 72–80.
12. Ku N. Evaluation of the behavior of ceramic powders under mechanical vibration and its effect on the mechanics of auto-granulation. Rutgers The State University of New Jersey-New Brunswick, 2015.
13. Castellanos A. The relationship between attractive interparticle forces and bulk behaviour in dry and uncharged fine powders // *Advances in physics*. 2005. Vol. 54. No. 4, pp. 263–376.
14. Chirone R. [et al.]. A comparison between interparticle forces estimated with direct powder shear testing and with sound assisted fluidization // *Powder Technology*. 2018. Vol. 323, pp. 1–7.
15. Шмитько Е.И. Управление плотностью прессованных материалов путем рационального использования потенциала поверхностных и капиллярных сил // *Строительные материалы*. 1993. № 8. С. 26–29.
16. Шмитько Е.И., Нетесова С.П. Исследование влияния ПАВ на прессуемость дисперсных систем // *Современные проблемы строительного материаловедения: материалы Международной научно-технической конференции*. Казань: КГАСА, 1996. С. 38–40.
17. Титова М.В. Оптимизация пресс-формования изделий из мелкозернистого бетона по критерию энергозатрат в зависимости от дисперсности частиц твердой фазы: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2007. 146 с.
18. Мещерин В., Гетце М. Жесткий бетон – основа, применение и оптимизация // *CPI – Международное бетонное производство*. 2009. № 1. С. 88–93.
19. Найдич Ю.В., Лавриненко И.А., Петрищев В.Я. Исследование капиллярных сил сцепления между твердыми частицами с прослойкой жидкости на контакте // *Порошковая металлургия*. 1965. № 2. С. 15–18.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

БЕЛОВ Владимир Владимирович – советник РААСН, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: vladim-bel@yandex.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Белов В.В. Капиллярное структурообразование в трехфазных сырьевых смесях // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 7–17.

**CAPILLARY STRUCTURIZATION
IN RAW THREE-PHASE COMPOSITIONS**

V.V. Belov

Tver State Technical University (Tver)

Abstract. On the basis of representations about capillary structurization in the three-phase raw compositions, which are based on laws of formation of polydisperse structures in the conditions of balance of interpartial forces, preconditions for working out of a scientific technique of definition of optimum humidity of a raw mix.

Keywords: dispersed systems, nanoparticles, pressed concrete on a cement sheaf, capillary structurization, optimum humidity, balance of interpartial forces.

REFERENCES

1. Mironov V.A., Belov V.V., Golubev A.I., Smirnov M.A. Optimizirovanie kompozicij dlya izgotovleniya stroitel'nyh smesej [Optimization of compositions for the manufacture of building mixtures]. SPb: RIA "Quintet". 2008. 416 p.
2. Zimon A.D., Andrianov E.I. Autogeziya sypuchih materialov [Bulkhead Autohesion]. Metallurgiya, 1978.
3. Udalov Y.P., German A.M. Tekhnologiya neorganicheskikh poroshkovykh materialov i pokrytij funkcional'nogo naznacheniya [Technology of inorganic powder materials and functional coatings]. S. Petersburg: Yanus, 2001. 428 p.
4. Zimon A.D. Adhesion of dust and powder. Springer Science & Business Media. 2012. 450 p.
5. Li Hongming Impact of cohesion forces on particle mixing and segregation. Diss. University of Pittsburgh, 2006.
6. Halidan M. [et al.]. The effect of interparticle cohesion on powder mixing in a ribbon mixer. *AIChE Journal*. 2016. Vol. 62. No. 4, pp. 1023–1037.
7. Podczeck F., Newton J.M., James M.B. Adhesion and autoadhesion measurements of micronized particles of pharmaceutical powders to compacted powder surfaces // *Chemical and pharmaceutical bulletin*. 1995. Vol. 43. No. 11, pp. 1953–1957.
8. Bridgwater J. Fundamental powder mixing mechanisms. *Powder Technology*. 1976. Vol. 15. No. 2, pp. 215–236.
9. Orr N.A., Shotton E. Mixing of cohesive powders. *Chemical Engineer-London*. 1973. No. 269, pp. 12–19.
10. Parteli E.J.R. [et al.]. Attractive particle interaction forces and packing density of fine glass powders / *Scientific reports*. 2014. Vol. 4, pp. 6227.
11. Ku N. [et al.]. Auto-granulation of fine cohesive powder by mechanical vibration // *Procedia engineering*. 2015. Vol. 102, pp. 72–80.

12. Ku N. Evaluation of the behavior of ceramic powders under mechanical vibration and its effect on the mechanics of auto-granulation. Rutgers The State University of New Jersey-New Brunswick, 2015.
13. Castellanos A. The relationship between attractive interparticle forces and bulk behaviour in dry and uncharged fine powders. *Advances in physics*. 2005. Vol. 54. No. 4, pp. 263–376
14. Chirone R. [et al.]. A comparison between interparticle forces estimated with direct powder shear testing and with sound assisted fluidization. *Powder Technology*. 2018. Vol. 323, pp. 1–7.
15. Shmitko E.I. Density control of pressed materials through the rational use of the potential of surface and capillary forces. *Stroitel'nye materialy*. 1993. No. 8, pp. 26–29. (In Russian).
16. Shmitko E.I., Netesova S.P. Investigation of the effect of surfactants on the compressibility of disperse systems. Modern problems of building materials science: *Materials int. scientific and technical conf.* Kazan: KGASA, 1996, pp. 38–40. (In Russian).
17. Titova M.V. Optimization of the molding of products from fine-grained concrete according to the criterion of energy consumption depending on the dispersion of solid particles. Cand. Diss. (Engineering). Voronezh. 2007. 146 p. (In Russian).
18. Mescherin V., Goetze M. Rigid concrete – foundation, application and optimization. *CPI – Mezhdunarodnoe betonnoe proizvodstvo*. 2009. No. 1, pp. 88–93. (In Russian).
19. Naidich Y.V., Lavrinenko I.A., Petrishchev V.Y. The study of capillary adhesion forces between solid particles with a layer of liquid at the contact. *Poroshkovaya metallurgiya*. 1965. No. 2, pp. 15–18. (In Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHOR

BELOV Vladimir Vladimirovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, adviser of the Russian Academy of Architecture and Building Sciences, head of chair of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: vladim-bel@yandex.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Belov V.V. Capillary structurization in raw three-phase compositions // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2019. No. 4 (4), pp. 7–17.

УДК 347.214.2:332.8:528.44

К ВОПРОСУ ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТА НЕДВИЖИМОСТИ

В.В. Карцева, М.Ю. Демичева, А.А. Матвеева

Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

Аннотация. В статье рассмотрена проблема идентификации различных объектов недвижимости, а также проанализированы основные положения проекта изменений в Гражданский кодекс Российской Федерации. Рассмотрены как основные термины в

области недвижимого имущества, так и наиболее важные аспекты законотворческой деятельности в данной сфере. Выделены основные признаки недвижимости. Проанализированы понятия «недвижимость», «улучшения недвижимости», «единый недвижимый комплекс», «здание» и др. Разработаны предложения по усовершенствованию порядка ведения реестра объектов недвижимости и их идентификации.

Ключевые слова: недвижимость, земельный участок, единый недвижимый комплекс, собственник, государственная регистрация, улучшения недвижимости, законопроект, Единый государственный реестр недвижимости.

За последние двадцать восемь лет в России произошли кардинальные политические и социально-экономические изменения. Недвижимость стала объектом рыночных отношений. В связи с этим возникла необходимость правового регулирования отношений, связанных с недвижимым имуществом. Этот объект правоотношений все чаще становится предметом различных споров, сделок, привлекая к себе внимание общества, что способствует повышению интереса к данному виду правоотношений.

В настоящий момент проблема определения и отнесения объекта к недвижимому имуществу довольно часто рассматривается как в науке, так и на практике.

Впервые термин «недвижимость» появился в Российской империи в указе Петра I, изданном в 1714 г. В своде законов Российской империи недвижимым имуществом признавались земля, дома, заводы, железные дороги и т.д. Вопрос об отнесении зданий, строений к объектам недвижимости всегда был достаточно сложным. Под движимым имуществом понимались морские и речные суда, книги, рукописи, скот и др.

Для того чтобы изучить объекты недвижимости, необходимо провести смысловой анализ терминов, которые используют при определении сущности данных объектов. В Гражданском кодексе Российской Федерации (далее – ГК РФ) понятие «недвижимость» включает в себя правовые отношения объекта недвижимости как объекта собственности.

Права на объекты недвижимости и сделки с недвижимостью подлежат обязательной государственной регистрации. Собственник может получить выписку из Единого государственного реестра недвижимости (далее – ЕГРН), в которой указаны характеристики объекта, вид прав и ограничения / обременения.

Понятие «недвижимость» широко используется в наши дни и имеет разные смысловые оттенки у специалистов различного профиля подготовки. Юридическое понятие недвижимости закреплено в ГК РФ. В соответствии со ст. 130 к недвижимым вещам (недвижимому имуществу, недвижимости) относятся земельные участки, участки недр и все, что прочно связано с землей, то есть объекты, перемещение которых без несоразмерного ущерба их назначению невозможно, в том числе здания, сооружения, объекты незавершенного строительства [1]. Этой же статьей к недвижимым вещам по порядку регистрации отнесено движимое имущество: воздушные и морские суда, суда внутреннего плавания. К недвижимым вещам относятся жилые и нежилые помещения, а также предназначенные для размещения транспортных средств части зданий или сооружений (машино-места). Данный перечень не является исчерпывающим, так как законом к недвижимым вещам может быть отнесено и иное имущество.

Согласно п. 1 ст. 132 ГК РФ «предприятием как объектом прав признается имущественный комплекс, используемый для осуществления предпринимательской деятельности. Предприятие в целом как имущественный комплекс признается недвижимостью» [1].

В соответствии со ст. 133.1 ГК РФ единый недвижимый комплекс – это совокупность объединенных назначением зданий, сооружений и иных вещей, неразрывно связанных физически или технологически, в том числе линейных объектов (железных дорог, линий электропередач, трубопроводов и др.), либо расположенных на одном земельном участке, если в ЕГРН зарегистрировано право собственности на совокупность указанных объектов в целом как одну недвижимую вещь [1].

В настоящий момент назрела необходимость совершенствования системы законодательства в области идентификации объектов недвижимости. Указанные статьи не позволяют с достаточной точностью идентифицировать объекты недвижимости и установить их неразрывную связь с землей. Решением Верховного суда 16.08.2018 установлено, что внесение записей в ЕГРН не является основанием для того, чтобы признать объект недвижимостью. Поэтому в настоящее время рассматривается законопроект, предполагающий уточнение положений гражданского законодательства. С одной стороны, этот законопроект утверждает новые понятия и правила, с другой – вводит положения, вызывающие дополнительные вопросы.

Вместе с тем в Гражданском кодексе отсутствует толкование понятия «здание». Только в п. 6 ч. 2 ст. 2 Федерального закона от 30.12.09 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» приведено его определение. Исходя из этого, законопроектом вводится новая норма – ст. 287.1 ГК РФ. Она определяет здание как строение, в котором может быть образовано не менее двух помещений, в том числе признаваемых жилыми в соответствии с жилищным законодательством, и (или) машиномест. При этом зданию противопоставляется строение, в котором не могут образовываться помещения или машино-места [12].

Предлагается дополнить ст. 130 ГК РФ, содержащую определение недвижимых и движимых вещей. В поправке к данной статье уточняется, что сооружение может быть отнесено к недвижимости, если оно прочно связано с землей (то есть его перемещение невозможно без несоразмерного ущерба его назначению), имеет самостоятельное хозяйственное значение и может выступать в гражданском обороте обособленно от других вещей.

Необходимо учесть, что именно Правительство РФ определяет перечень видов сооружений, которые не имеют признаков объектов недвижимости. Кроме того, изменения подразумевают, что принадлежность к недвижимости объекта незавершенного строительства будет устанавливаться при наличии признаков, которые также утверждены Правительством РФ.

Однако законодатель, введя понятие «сооружение», не учел конкретный перечень его признаков, что может привести к спорам по поводу идентификации объектов недвижимости.

Можно указать следующие основные признаки недвижимого имущества, первые три из которых характеризуют внешние его свойства, а четвертый объективно присущ всем объектам недвижимости:

- 1) прочная связь с участком земли, что выражается в невозможности перемещения объекта;
- 2) индивидуальная определенность;

3) ограниченность объектов (строго определенное количество строений, расположенных на конкретном земельном участке) [13];

4) признак публичности (регистрационный порядок признания и перехода права собственности и иного вещного права на объект недвижимости).

Законопроект изменяет и понятие «предприятие». В новой редакции оно определено как совокупность вещей, используемых для того, чтобы осуществлять предпринимательскую деятельность, включающую объекты как движимого, так и недвижимого имущества, а также права требования, долги и права на обозначения, индивидуализирующие предприятие, его продукцию, работы, услуги (товарные знаки, знаки обслуживания, коммерческое обозначение), а также другие исключительные права.

Предлагается заменить понятие «имущественный комплекс» на «совокупность вещей» с их перечислением; что, как считает законодатель, более точно характеризует правовую природу предприятия.

Изменения претерпело также понятие «единый недвижимый комплекс» (в ст. 133.1 ГК РФ). В данной редакции указанной статьи таким комплексом является находящаяся в собственности одного лица совокупность участка земли и всех зданий, объектов незавершенного строительства и сооружений, которые расположены на участке земли и обладают признаками недвижимости [2]. Законодатель обращает внимание на то, что у недвижимого комплекса должен быть один собственник. Недвижимый комплекс, который находится в общем владении нескольких собственников, не будет являться единым недвижимым комплексом, но тем не менее будет обладать его признаками. Кроме того, не совсем понятно, что же будет происходить с единым недвижимым комплексом после выдела отдельной недвижимой вещи из него в собственность другого лица – останется ли он таковым или же прекратит свое существование в этом статусе.

С учетом предлагаемых поправок, из единого недвижимого комплекса исключаются находящиеся на земельном участке линейные объекты, принадлежащие другому лицу, на размещение и обслуживание которых может быть установлено право ограниченного пользования (сервитут). Собственник вправе образовывать единый недвижимый комплекс из принадлежащих ему линейных объектов без включения в его состав участков земли, которые используются для эксплуатации линейных объектов и не принадлежат ему на праве собственности. Следует также отметить, что благодаря законопроекту возможно объединение земельного участка и расположенного на нем дома (земельный участок и дом принадлежат одному собственнику). Тогда регистрация права собственности будет осуществляться как на единый объект недвижимости.

В том случае, если земельный участок и расположенные на нем здания, строения, объекты незавершенного строительства не принадлежат одному лицу, они могут быть разделены в соответствии со ст. 287.2 законопроекта. Образование объектов недвижимости из объекта недвижимости, обремененного правами третьих лиц, допускается, если есть соглашение с указанными лицами о порядке осуществления прав данных лиц в отношении образованных объектов недвижимости.

До сегодняшнего дня в гражданском законодательстве отсутствует понятие «единый объект недвижимости», которое включает земельный участок и неразрывно связанные с ним улучшения. При создании реестра недвижимости первостепенную роль играет сам объект, а не права на отдельные его части. По нашему мнению, ЕРГН должен включать перечень объектов недвижимости с их описанием, позволяющим идентифицировать объекты с целью управления собственностью. Правообладатели же объектов и их частей могут со временем меняться, о чем необходимо делать соответствующие записи в реестре. Различия в правах на земельные участки, здания, отдельные помещения в них, сооружения не дают оснований считать их обособленными объектами, поскольку здания и сооружения являются улучшениями земельного участка.

Проект закона предлагает также ввести в ГК РФ новую статью, регламентирующую улучшения недвижимости (ст. 134.1 ГК РФ). Такие улучшения определены как составные части недвижимой вещи, которые обеспечивают использование данной недвижимой вещи в соответствии с ее назначением или способствуют этому. Причем неотделимые улучшения недвижимости рассматриваются с ней как единое целое, тогда как недвижимость, имеющая отдельные улучшения, участвует в гражданском обороте без таких улучшений, если иное не предусмотрено договором.

При этом в сложившейся судебной практике под улучшениями подразумеваются работы капитального характера, которые повышают (изменяют) качественные характеристики объекта аренды, что не соответствует предлагаемому определению. На наш взгляд, необходимо привести в соответствие положения различных статей ГК РФ с учетом судебной практики.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что недвижимое имущество с юридической точки зрения включает в себя недвижимые вещи в силу их естественных свойств (земельные участки, участки недр), а также объекты, которые прочно связаны с землей (здания, строения, сооружения, жилые, нежилые помещения, имущественные комплексы). Помимо этого, в состав недвижимого имущества входят социально значимые вещи, которые признаются недвижимыми в силу закона, а не в силу естественных (природных) свойств. Перечисленные виды недвижимого имущества обладают свойствами принадлежать субъектам права, удовлетворять их законным потребностям, а также являться объектами гражданского права. Имущественные права на объекты недвижимости подлежат государственной регистрации в установленном законом порядке с целью упорядочения системы недвижимых объектов в стране, а также их правоприменения, защиты прав собственников и обеспечения имущественного оборота.

Таким образом, идентификация недвижимости, занимая важное место в жизни общества, представляет собой сложную проблему, которая требует особого внимания со стороны как государства, так и всех заинтересованных лиц.

Для составления реестра объектов недвижимости необходимо сначала произвести их идентификацию. Расширение и уточнение перечня вносимых в ЕРГН характеристик требует отдельного научного исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гражданский кодекс Российской Федерации от 30.11.1994 № 51-ФЗ (Ч. I) // Собрание законодательства РФ. 1994.
2. Проект поправок Минэкономразвития «О внесении изменений в части первую и вторую Гражданского кодекса Российской Федерации» от 29.10.2018 года.
3. Витрянский В. Пути совершенствования законодательства о недвижимом имуществе // *Хозяйство и право*. 2003. № 6. С. 3–19.
4. Асаул А.Н., Карасев А.В. Экономика недвижимости. М.: Экономикс, 2000. 92 с.
5. Григорьев В.В. Оценка объектов недвижимости: теоретические и практические аспекты. М.: ННОРА-М, 2007. 208 с.
6. Мостов Г.С. Особенности приобретения и прекращения права собственности на недвижимое имущество // *Правовые вопросы недвижимости*. 2010. № 2.
7. Горемыкин В.А. Экономика недвижимости. М.: МГИУ, 2003. 294 с.
8. Новиков Б.Д. Рынок и оценка недвижимости в России. М.: Экзамен, 2000. 512 с.
9. Максимов С.Н. Основы предпринимательской деятельности на рынке недвижимости. СПб.: Издательский Дом ПИТЕР, 2000. 263 с.
10. Невзгодина Е.Л. Сделки с недвижимостью (понятие, виды, правовое регулирование). Омск: ОмГУ, 2004. 694 с.
11. Изменения в регулировании правового статуса недвижимого имущества. URL: <https://www.garant.ru/> (дата обращения: 24.07.2019).
12. Признаки недвижимого имущества. URL: <https://studwood.ru/> (дата обращения: 26.07.2019).
13. Федеральный портал проектов нормативных правовых актов. URL: <https://regulation.gov.ru> (дата обращения: 29.07.2019).
14. Подготовка поправок Минэкономразвития России к ГК РФ. URL: <https://jusnews.ru> (дата обращения: 29.07.2019).
15. Изменения законодательства в сфере недвижимости. URL: <https://primelegal.ru/> (дата обращения: 30.07.2019).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

КАРЦЕВА Вера Викторовна – кандидат экономических наук, доцент кафедры геодезии и кадастра, доцент кафедры автомобильных дорог, оснований и фундаментов, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: vera.v.kartseva@gmail.ru

ДЕМИЧЕВА Маргарита Юрьевна – студентка 4-го курса, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: demicheva99@inbox.ru

МАТВЕЕВА Арина Александровна – студентка 4-го курса, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: arina.matv3eva@yandex.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Карцева В.В., Демичева М.Ю., Матвеева А.А. К вопросу идентификации объекта недвижимости // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 17–24.

ON THE ISSUE OF IDENTIFICATION OF THE PROPERTY

V.V. Kartseva, M.Y. Demicheva, A.A. Matveeva
Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The article considers the problem of identifying various real estate objects, and also analyzes the main provisions of the draft amendments to the Civil Code of the Russian Federation regarding changes to certain articles and their further introduction into the code. A study was carried out not only of the main terms in the field of real estate, but also of the most important aspects related to the field of legislative activity. It was taken into account the allocation of the main features of real estate. The concepts of “real estate”, “real estate improvement”, “single real estate complex”, “building”, etc. are analyzed. Suggestions are developed to improve the procedure for maintaining the register of real estate objects and their identification. Currently, the identification of real estate takes a high place in the life of society, representing a complex problem that requires special attention from both the state and all interested parties.

Keywords: real estate, land, unified real estate complex, owner, state registration, real estate improvement, draft law, Unified State Register of Real Estate.

REFERENCES

1. Grazhdanskij kodeks Rossijskoj Federacii (chast' pervaya) ot 30.11.1994 № 51-FZ [Civil Code of the Russian Federation (Part One) of November 30, 1994 No. 51-FZ] // Collection of Legislation of the Russian Federation. 1994. Art. 130, paragraph 1, article 132, Art. 133.1.
2. Proekt popravok Minekonomrazvitiya «O vnesenii izmenenij v chasti pervuyu i vtoruyu Grazhdanskogo kodeksa Rossijskoj Federacii» [Draft amendments to the Ministry of Economic Development “On Amendments to Parts One and Two of the Civil Code of the Russian Federation”] dated October 29, 2018
3. Vitryansky V.V. Ways to improve the law on real estate. *Hozyajstvo i pravo*. 2003. No. 6, pp. 3–19. (In Russian).
4. Asaul A.N., Karasev A.V. *Ekonomika nedvizhimosti* [Real Estate Economics]. M.: Economics, 2000. 92 p.
5. Grigoriev V.V. *Ocenka ob"ektov nedvizhimosti: teoreticheskie i prakticheskie aspekty* [Valuation of real estate: theoretical and practical aspects]. M.: NNORA-M, 2007. 208 p.
6. Bridges G.S. Features of the acquisition and termination of ownership of real estate. *Pravovye voprosy nedvizhimosti*. 2010. No. 2. (In Russian).
7. Goremykin V.A. *Ekonomika nedvizhimosti* [Real Estate Economics]. Moscow: Publishing and bookselling center "Marketing", 2002. 294 p.
8. Novikov B.D. *Rynok i ocenka nedvizhimosti v Rossii* [Market and real estate valuation in Russia]. M.: Ekzamen, 2000. 512 p.
9. Maksimov S.N. *Osnovy predprinimatel'skoj deyatel'nosti na rynke nedvizhimosti* [Fundamentals of entrepreneurial activity in the real estate market]. St. Petersburg: Publishing House PITER, 2000. 263 p.

10. Nevzgodina E.L. Sdelki s nedvizhimost'yu (ponyatie, vidy, pravovoe regulirovanie) [Real estate transactions (concept, types, legal regulation)]. Omsk: Omsk State University, 2004. 263 p.
11. Izmeneniya v regulirovanii pravovogo statusa nedvizhimogo imushchestva [Changes in the regulation of the legal status of real estate]. URL: <https://www.garant.ru/> (date of access: 07.24.2019).
12. Priznaki nedvizhimogo imushchestva [Signs of real estate]. URL: <https://studwood.ru/> (date of access: 26.07.2019).
13. Federal'nyj portal proektov normativnyh pravovyh aktov [The federal portal of draft regulatory legal acts]. URL: <https://regulation.gov.ru> (date of access: 07.29.2019).
14. Podgotovka popravok Minekonomrazvitiya Rossii k GK RF [Preparation of amendments by the Ministry of Economic Development of the Russian Federation to the Civil Code of the Russian Federation]. URL: <https://jusnews.ru> (date of access: 07.29.2019).
15. Izmeneniya zakonodatel'stva v sfere nedvizhimosti [Changes in legislation in the field of real estate]. URL: <https://primelegal.ru/> (date of access: 07.30.2019).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

KARTSEVA Vera Viktorovna – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of Department of Geodesy and Cadastre, Associate Professor of Department of Roads, foundations and foundations, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: vera.v.kartseva@gmail.ru

DEMICHEVA Margarita Yuryevna – 4rd year student, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: demicheva99@inbox.ru

MATVEEVA Arina Alexandrovna – 4rd year student, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: arina.matv3eva@yandex.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Kartseva V.V., Demicheva M.Y., Matveeva A.A. On the issue of identification of the property // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2019. No. 4 (4), pp. 17–24.

УДК 691.32

КЕРАМЗИТОБЕТОН ДЛЯ МОНОЛИТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЛЕКСНЫХ ДОБАВОК

Р.С. Кочетков¹, Ю.Ю. Курятников²

¹*Тверской государственный технический университет (г. Тверь)*

²*АО ТЖБИ-4 (г. Тверь)*

Аннотация. В статье рассматривается проблема повышения качества керамзитобетона, применяемого в монолитном строительстве. Приводятся разработанные математические модели зависимости предела прочности на сжатие, средней плотности и коэффициента конструктивного качества от содержания комплексных до-

бавок. Разработана двухстадийная методика изготовления керамзитобетонной смеси.

Ключевые слова: керамзитобетон, математические модели, добавки, состав.

ВВЕДЕНИЕ

Применение легких бетонов из-за их невысокой прочности ограничивается строительством самонесущих ограждающих конструкций. Однако при сочетании низкой средней плотности, характерной для легких бетонов, и высокой прочности, присущей тяжелым бетонам, можно значительно расширить область использования легких бетонов. Применение такого материала обеспечивает здания и сооружения, с одной стороны, требуемыми прочностными свойствами, а с другой – позволяет существенно экономить на общем весе. Такой материал эффективен при строительстве транспортных сооружений (мостов, путепроводов, эстакад и т.д.) [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения данной задачи перспективным представляется использование эффективных суперпластификаторов в сочетании с микронаполнителями и дисперсно-армирующими волокнами. Такие суперпластификаторы, как Melflux 5581 F и Melflux 2651F, позволяют значительно повысить прочностные характеристики, ускорить набор прочности бетона, увеличить подвижность бетонной смеси до марки П4–П5 [2, 7].

Большое влияние на прочностные характеристики оказывает дисперсное армирование. При введении фибры в бетон происходит структурирование цементно-минерального каркаса, а следовательно, и улучшение прочностных характеристик [8]. При исследовании тяжелого бетона с базальтовой фиброй выявлено повышение прочности на растяжение при изгибе до 74 %, что в три раза больше по сравнению с бетоном без микроармирования [4]. Армирование портландцементной матрицы как целлюлозным волокном, так и игольчатыми кристаллами этtringита приводит к упрочнению материала. При совместном введении этих компонентов материал имеет еще более высокие значения предела прочности на изгиб и сжатие [1].

В современных бетонах важную роль играют также микронаполнители, которые повышают эксплуатационные свойства изделий. Новые возможности использования кремнеземистой пыли тесно связаны с прогрессом в области создания эффективных суперпластификаторов. Их сочетание дало толчок к созданию бетонов нового поколения, обладающих высокой прочностью (от 60 до 150 МПа), повышенной удобоукладываемостью и долговечностью [5, 6].

В данной статье представлены разработанные математические модели зависимости прочности керамзитобетона от факторов состава для использования его в монолитном строительстве.

В качестве материалов использовали портландцемент ЦЕМ I 42,5Н, кварцевый песок (модуль крупности 2,4), керамзитовый песок фракции 0–5 мм (модуль крупности 3,4; марка по насыпной плотности М500; марка по прочности П100), микрокремнезем, суперпластификатор Melflux 5581F, базальтовое волокно длиной 1 см.

Для изготовления образцов применялась разработанная авторами методика, которая заключается в следующем. На первом этапе изготавливали сухую готовую

смесь (СГС), в состав которой входили все компоненты за исключением портланд-цемента. Затем СГС перемешивали с цементом до получения однородной смеси, после чего добавляли воду до получения требуемой подвижности П4. Бетонную смесь заливали в формы и ставили в камеру нормального твердения. Образцы испытывали через 28 суток.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам проведенного планированного трехфакторного эксперимента были получены математические модели зависимости предела прочности на сжатие, средней плотности и коэффициента конструктивного качества от содержания микронаполнителя, суперпластификатора и дисперсного волокна:

$$\rho = 1706 - 18,3 \cdot x_1 + 8,9 \cdot x_2 - 10,9 \cdot x_3 + 1,2 \cdot x_1^2 + 8,8 \cdot x_2^2 - 11,7 \cdot x_3^2 + 12,8 \cdot x_1 \cdot x_2 - 10,8 \cdot x_1 \cdot x_3 - 3,7 \cdot x_2 \cdot x_3;$$

$$R = 32,8 + 0,83 \cdot x_1 + 2,4 \cdot x_2 + 0,032 \cdot x_3 - 0,91 \cdot x_1^2 + 0,19 \cdot x_2^2 - 0,42 \cdot x_3^2 - 0,07 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,08 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,09 \cdot x_2 \cdot x_3;$$

$$KKK = 19,203 + 0,681 \cdot x_1 + 1,32 \cdot x_2 - 7,37 \cdot x_3 - 2,73 \cdot x_1^2 - 6,17 \cdot x_2^2 + 2,37 \cdot x_3^2 - 0,72 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,84 \cdot x_1 \cdot x_3 - 1,14 \cdot x_2 \cdot x_3,$$

где X_1 , X_2 и X_3 – содержание микрокремнезема, Melflux 5581F и базальтового волокна соответственно.

Результаты представлены на рис. 1, 2.

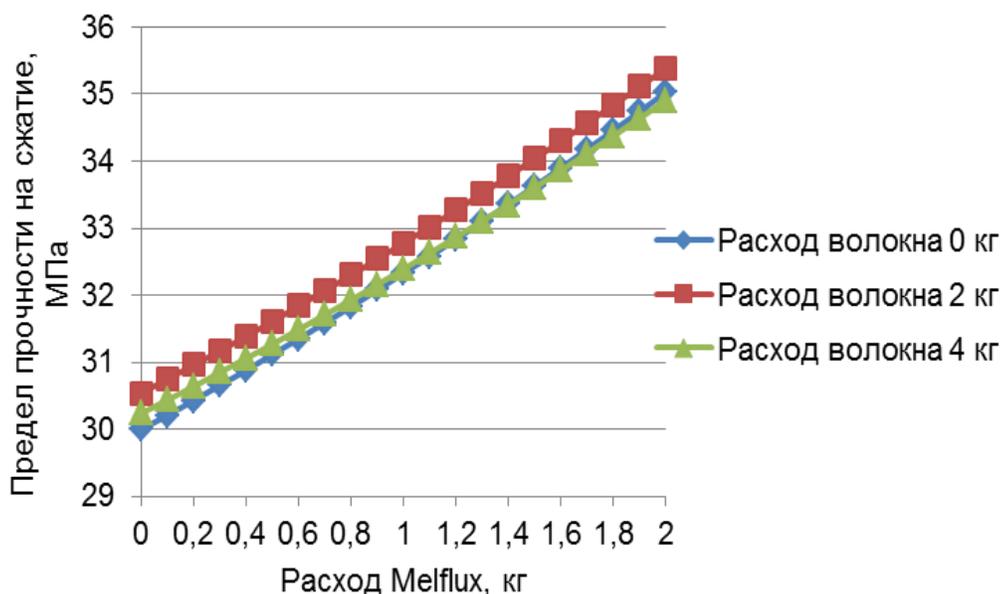


Рис. 1. Зависимость прочности керамзитобетона от содержания Melflux 5581F при разном содержании базальтового волокна

Анализ математических моделей показывает, что наибольшее влияние на рост прочности и коэффициента конструктивного качества керамзитобетона оказывает добавка суперпластификатора Melflux 5581F. При введении оптимального количества добавки за счет водоредуцирования и уплотнения межпорового пространства (между зернами керамзитового песка) прочность увеличивается на 24 %, а коэффициент конструктивного качества повышается на 32 %. Вторым по значимости является фактор введения микрокремнезема. При введении оптимального количества микрокремнезема увеличивается прочность и коэффициента конструктивного качества, а средняя плотность уменьшается.

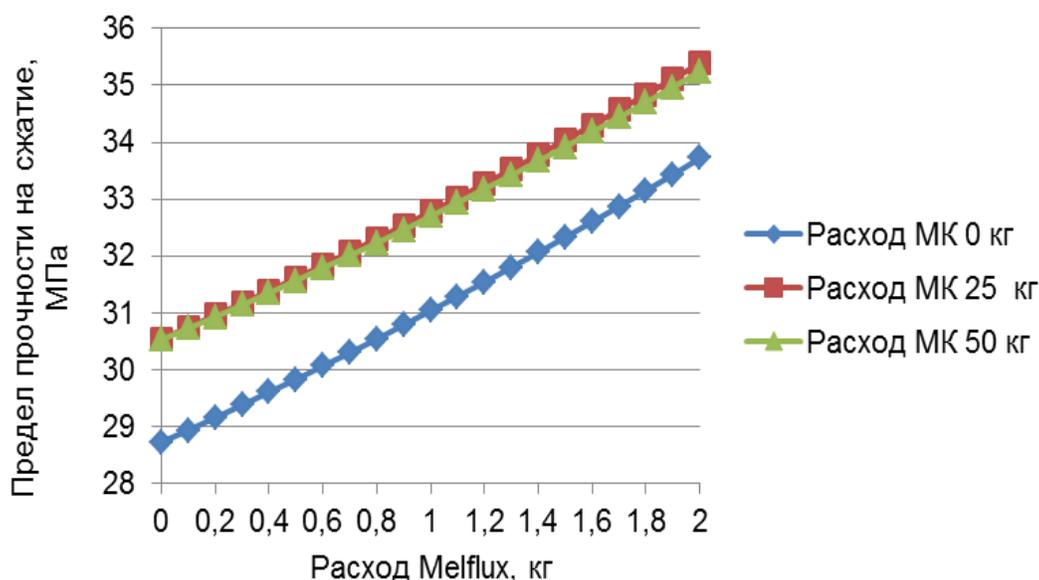


Рис. 2. Зависимость прочности керамзитобетона от содержания Melflux 5581F при разном содержании микрокремнезема (МК)

При введении базальтовых волокон до 4 кг на 1 м³ керамзитобетона отмечается небольшой прирост прочности на сжатие. Однако при превышении оптимальной объемной дозировки волокон прочностные характеристики начинают снижаться. Из-за перенасыщения бетона волокном происходит ухудшение структуры бетона. Основное назначение базальтовых волокон – формирование более упорядоченных и однородных структур керамзитобетона, характеризующихся повышенным сопротивлением развитию трещин, благодаря чему уменьшается вероятность опасного хрупкого разрушения керамзитобетона с высокой прочностью и повышается его способность к восприятию механических, динамических воздействий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанные математические модели зависимости предела прочности на сжатие, средней плотности и коэффициента конструктивного качества от содержания микронаполнителя, суперпластификатора и дисперсного волокна позволяют прогнозировать свойства и подбирать оптимальные составы керамзитобетона. Получен-

ные данные будут применяться для разработки конструкционного керамзитобетона классов по прочности В25–В30 с маркой по подвижности П3, П4 для монолитного строительства. Такие бетоны позволяют более чем на 30 % уменьшить нагрузку на конструкционные элементы сооружения, сохранить несущие характеристики, снизить стоимость строительства и улучшить теплофизические свойства конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амелина Д.В., Сычева Л.И. Композиционное вяжущее на основе портландцемента и волокон // *Успехи в химической технологии*. 2013. № 7. С. 7–11.
2. Зубова М.О. Мелкозернистые бетоны с применением базальтовой фибры и комплексных модифицирующих добавок: дис. ... канд. техн. наук. Волгоград. 2015. 21 с.
3. Королев Е.В., Иноземцев А.С. Особенности реологических свойств высокопрочных легких бетонов на полых микросферах // *Вестник МГСУ*. 2015. № 6. С. 100–108.
4. Московский С.В., Носков А.С., Руднов В.С., Алехин В.Н. Влияние дисперсного армирования на деформационно-прочностные свойства бетона // *Академический Вестник УралНИИпроект РААСН*. 2016. № 3. С. 67–71.
5. Лукутцова Н.П. Роль микро- и нанодисперсных добавок в структурообразовании мелкозернистого бетона // *Технологии бетонов*. 2014. № 10. С. 24–39.
6. Предтеченский М.В. Влияние кремнеземной пыли на формирование свойств высокопрочных бетонов // *Строительные материалы*. 2016. № 8. С. 76–79.
7. Ружицкая А.В. О воздействии различных типов добавок-пластификаторов на свойства портландцемента // *Вестник СПбГАСУ*. 2013. С. 28–33.
8. Ярмаковский В.Н. Физико-химические структурно-технологические основы получения высокопрочных и высокодолговечных конструкционных легких бетонов // *Строительные материалы*. 2016. № 6. С. 6–10.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

КОЧЕТКОВ Роман Сергеевич – магистрант кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: cochetckov.roma2013@yandex.ru

КУРЯТНИКОВ Юрий Юрьевич – кандидат технических наук, доцент, руководитель службы качества АО ТЖБИ-4, 170017, г. Тверь, ул. Коняевская, д. 1. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Кочетков Р.С., Курятников Ю.Ю. Керамзитобетон для монолитного строительства с применением комплексных добавок // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2019. № 4 (4). С. 24–29.

CONCRETE FOR MONOLITHIC CONSTRUCTION WITH THE USE OF COMPLEX ADDITIVES

R.S. Kochetkov¹, Y.Y. Kuryatnikov²

¹*Tver State Technical University (Tver)*

²*Tver Reinforced Concrete Products and Pipes Plant (Tver)*

Abstract. The article deals with the problem of improving the quality of expanded clay concrete used in monolithic construction. The developed mathematical models of the dependence of the compressive strength, average density and coefficient of structural quality on the content of complex additives are presented. A two-stage technique for the manufacture of expanded clay concrete mixture was developed.

Keywords: claydite-concrete, mathematical models, additives, composition.

REFERENCES

1. Amelina D.V., Sycheva L.I. Portland cement and fiber composite binder. *Uspekhi v himicheskoy tekhnologii*. 2013. No. 7, pp. 7–11. (In Russian).
2. Zubova M.O. Fine-grained concrete using basalt fiber and complex modifying additives. Cand. Diss. (Engineering). Volgograd. 2015. 21 p. (In Russian).
3. Korolev E.V., Inozemtsev A.S. Features of the rheological properties of high-strength lightweight concrete on hollow microspheres. *Vestnik MGSU*. 2015. No. 6, pp. 100–108. (In Russian).
4. Moskovsky S.V., Noskov A.S., Rudnov V.S., Alechin V.N. The effect of particulate reinforcement on the deformation-strength properties of concrete. *Akademicheskij Vestnik Uralniiproekt RAASN*. 2016. No. 3, pp. 67–71. (In Russian).
5. Lukutsova N.P. The role of micro- and nanodispersed additives in the structure formation of fine-grained concrete. *Tekhnologii betonov*. 2014. No. 10, pp. 24–39. (In Russian).
6. Predtechensky M.V. The effect of silica dust on the formation of properties of high-strength concrete. *Stroitel'nye materialy*. 2016. No. 8, pp. 76–79. (In Russian).
7. Ruzhitskaya A.V. On the effects of various types of plasticizer additives on the properties of Portland cement. *Vestnik SPbGASU*. 2013, pp. 28–33. (In Russian).
8. Yarmakovskiy V.N. Physico-chemical structural and technological foundations of obtaining high-strength and highly durable structural lightweight concrete. *Stroitel'nye materialy*. 2016. No. 6, pp. 6–10. (In Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

KOCHETKOV Roman Sergeevich – 2nd year undergraduate, Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: cochetckov.roma2013@yandex.ru

KURYATNIKOV Yury Yuryevich – Candidate of Technical Sciences, the Associate Professor, Quality Manager of the Tver Reinforced Concrete Products and Pipes Plant, 1 Konyaevskaya, Tver, 170017, Russia. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Kochetkov R.S., Kuryatnikov Y.Y. Concrete for monolithic construction with the use of complex additives // *Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology»*. 2019. No. 4 (4), pp. 24–29.

УДК 691.328.4

ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ НА ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

М.Г. Плюснин, А.А. Краев, С.И. Александров

Костромская государственная сельскохозяйственная академия

(п. Каравеево, Костромская область)

Аннотация. В статье исследована работа композитной арматуры при сжатии бетонных элементов. В последнее время при строительстве зданий и сооружений все чаще применяется композитная арматура. Анализ нормативных документов, регламентирующих характеристики композитной арматуры [1], методов расчета бетонных конструкций с применением данной арматуры [2], а также публикаций, посвященных различным аспектам применения данной арматуры, показал, что в основном рассматриваются вопросы применения композитной арматуры в растянутой зоне изгибаемых элементов, особенности работы данной арматуры в сжатой зоне изгибаемых элементов и в сжатых элементах не исследованы. Нормами [2] не запрещено применение композитной арматуры в сжатой зоне бетонных конструкций, однако при расчете прочности таких конструкций значение расчетного сопротивления композитной арматуры на сжатие принимается равным нулю. Конструктивные требования, перечисленные в [2], не содержат особых указаний об использовании композитной арматуры в сжатой зоне бетонных элементов.

Ключевые слова: композитная арматура, бетонные конструкции, изополе.

Ввиду достаточной сложности поставленного вопроса в настоящей работе рассмотрена работа бетонных элементов с композитной арматурой только при центральном сжатии.

Из бетона класса В15 были изготовлены кубические образцы размерами 100x100x100 мм. Четыре образца являлись контрольными и не имели арматуры. Другие четыре образца имели по одному стержню стеклопластиковой арматуры диаметром 6 мм, который был размещен по центру образца. Данные образцы испытывались на прочность при центральном сжатии на гидравлическом прессе П-50. Результаты испытаний приведены ниже:

№ п/п	Прочность образцов, МПа	
	армированных	неармированных
1	16,6	17,3
2	14,5	16,0
3	16,0	19,7
4	16,2	16,5
Среднее значение	15,825	17,375

Средняя прочность образцов с арматурой оказалась на 8,9 % ниже, чем у неармированных образцов. При разрушении всех образцов с арматурой была отмечена одна общая особенность: вокруг арматурного стержня возникали радиальные трещины. Фотографии образцов после испытаний приведены на рис. 1.



Рис. 1. Образец со стеклопластиковой арматурой после испытаний на прочность

Для более детального анализа проведенный эксперимент был смоделирован в программном комплексе Comsol методом конечных элементов. Модуль упругости стеклопластиковой арматуры принят по данным, которые приведены в [3]. Граничные условия имитируют реальные испытания на сжатие в прессе. Верхняя грань образца закреплена по осям X , Y и Z , а нижняя грань – по осям X , Y . По оси Z для нижней грани задается фиксированное перемещение. Результаты расчетов приведены на рис. 2 и 3. На рис. 2 показано изополе напряжений по оси Z в плоскости, проходящей через середину образца, а на рис. 3 показано изополе перемещений по оси Y в той же плоскости.

Напряжения в арматурном стержне существенно меньше напряжений в бетоне, что вызвано меньшим значением модуля упругости стеклопластиковой арматуры при сжатии по сравнению с модулем упругости бетона. У верхней и нижней граней образца рядом с арматурным стержнем наблюдаются деформации растяжения в бетоне. Именно эти деформации растяжения привели к радиальным трещинам вокруг арматурных стержней при испытании образцов.

Указанные особенности напряженно-деформированного состояния бетонных образцов со стеклопластиковой арматурой при сжатии и являются причиной снижения прочности армированных образцов по сравнению с образцами без арматуры. Описанные эффекты вызваны низким модулем упругости композитной арматуры при сжатии, так как в этом случае волокна арматуры выключаются из работы, а нагрузку воспринимает только полимерное связующее.

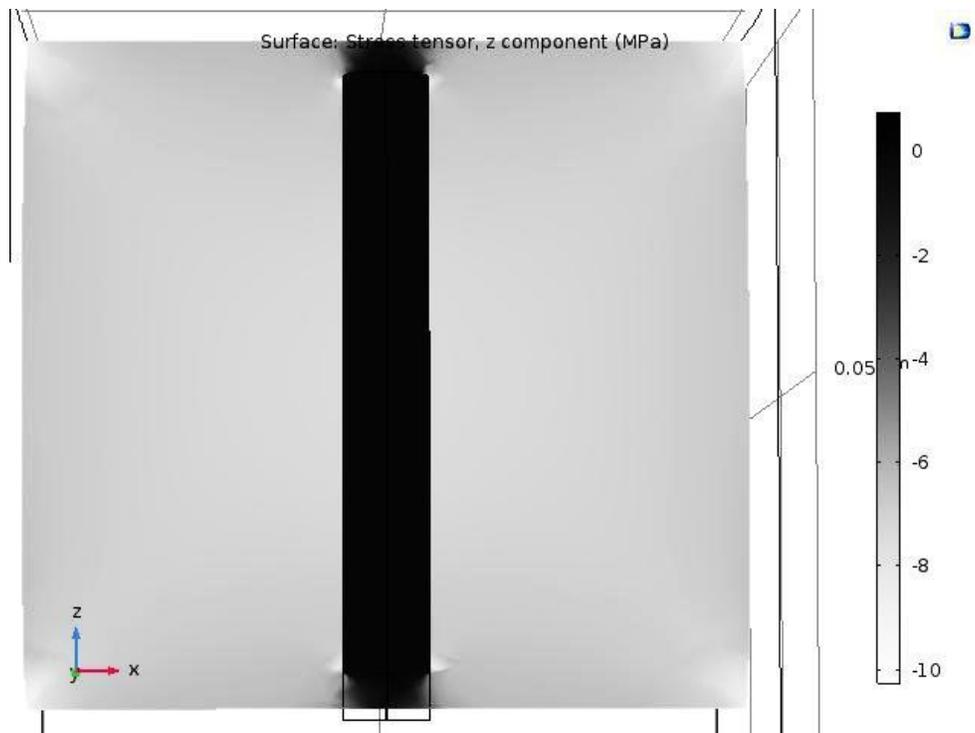


Рис. 2. Изополе напряжений по оси Z

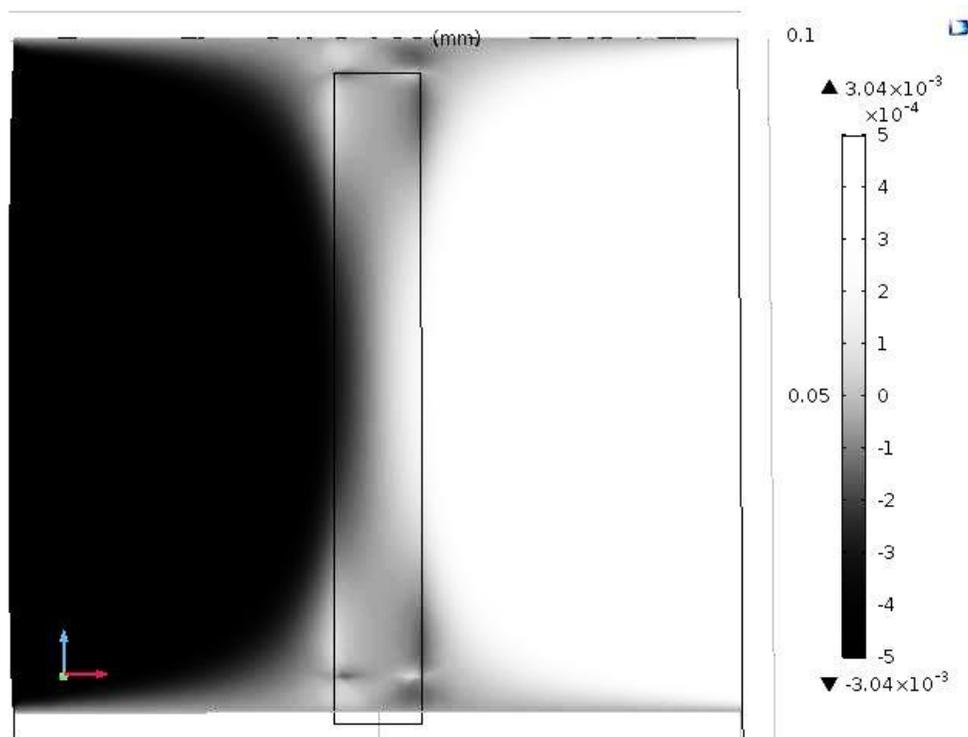


Рис. 3. Изополе перемещений по оси Y

Можно сделать следующие выводы:

1. Использование продольной композитной арматуры в сжатой зоне бетонных элементов приводит к снижению их прочности.
2. Необходимо избегать использования композитной арматуры в сжатой зоне изгибаемых элементов и во внецентренно сжатых элементах с малым эксцентриситетом.
3. В случае размещения продольной композитной арматуры в перечисленных выше элементах необходимо учитывать снижение несущей способности.
4. В первом приближении при расчетах данное снижение можно учесть уменьшением площади сжатой зоны бетона на величину площади поперечного сечения сжатой композитной арматуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 31938-2012. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия. М., 2014. 38 с.
2. СП 63.13330.2012. Свод правил бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения актуализированная редакция СНиП 52-01-2003: утв. Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 29 декабря 2011 г. № 635/8.
3. Лапшинов А.Е. Исследование работы СПА и БПА на сжатие // *Вестник МГСУ*. 2014. № 1. С. 52–57.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ПЛЮСНИН Михаил Геннадиевич – старший преподаватель кафедры строительных конструкций, ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА», 156530, Костромская область, Костромской район, пос. Караваево, Караваевская с/а, ул. Учебный городок, д. 34. E-mail: apraiser3@yandex.ru

КРАЕВ Александр Александрович – студент, ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА», 156530, Костромская область, Костромской район, п. Караваево, Караваевская с/а, ул. Учебный городок, д. 34.

АЛЕКСАНДРОВ Сергей Ильич – студент, ФГБОУ ВО «Костромская ГСХА», 156530, Костромская область, Костромской район, пос. Караваево, Караваевская с/а, ул. Учебный городок, д. 34.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Плюснин М.Г., Краев А.А., Александров С.И. Влияние композитной арматуры на прочностные характеристики бетонных конструкций // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2019. № 4 (4). С. 30–34.

INFLUENCE OF COMPOSITE REINFORCEMENT ON STRENGTH CHARACTERISTICS OF CONCRETE STRUCTURES

M.G. Plusnin, A.A. Kraev, S.I. Alexandrov

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
«Kostroma State Agricultural Academy» (Karavajevo, Kostroma region)*

Abstract. The article explores the operation of composite reinforcement during compression of concrete elements. Recently, composite reinforcement has been increasingly used in the construction of buildings and structures. There are regulatory documents regulating the characteristics of composite reinforcement [1] and methods of calculation of concrete structures with the use of this reinforcement [2], as well as many articles considering various aspects of the use of this reinforcement. Analysis of existing publications has shown that the issues of use of composite reinforcement in the stretched zone of bending elements are mainly considered, peculiarities of operation of this reinforcement in the compressed zone of bending elements and in compressed elements are not considered. Norms [2] do not explicitly prohibit the use of composite reinforcement in the compressed zone of concrete structures, but when calculating the strength of such structures, the value of the design resistance of composite reinforcement to compression is assumed to be zero. The structural requirements listed in [2] do not contain special instructions on the use of composite reinforcement in the compressed zone of concrete elements.

Keywords: composite reinforcement, concrete structures, isofields.

REFERENCES

1. GOST 31938-2012 Polymer composite reinforcement for the reinforcement of concrete structures. General technical conditions. M., 2014. 38 p.
2. SP 63.13330.2012 The code of rules concrete and reinforced concrete structures. The main provisions of the updated edition SNiP 52-01-2003.
3. Lapshinov A.E. Study of the work of SPA and BPA in compression // *Vestnik MGSU*. 2014. No. 1, pp. 52–57. (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

PLUSNIN Mikhail Gennadiyevich – Senior lecturer of the Department building constructions, Kostroma state agricultural academy, 34, Karavajevo, Kostroma region, 156530, Russia. E-mail: apraiser3@yandex.ru

KRAEV Alexander Aleksandrovich – student, Kostroma State Agricultural Academy, 34, Karavajevo, Kostroma region, 156530, Russia.

ALEXANDROV Sergey Ilyich – student, Kostroma State Agricultural Academy, 34, Karavajevo, Kostroma region, 156530, Russia.

CITATION FOR AN ARTICLE

Plusnin M.G., Kraev A.A., Alexandrov S.I. Influence of composite reinforcement on strength characteristics of concrete structures // *Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology»*. 2019. No. 4 (4), pp. 30–34.

УДК 624.046.3

РАСЧЕТ ОБЩЕЙ УСТОЙЧИВОСТИ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

С.А. Соколов, Т.Р. Баркая, А.В. Гавриленко, П.В. Куляев
Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

Аннотация. В статье рассмотрен расчет общей устойчивости многоэтажного здания двумя распространенными методами. Приведен расчет коэффициента запаса общей устойчивости многоэтажного здания по методу, изложенному В.В. Ханджи [1]. Приведен результат расчета коэффициента запаса общей устойчивости системы в программно-вычислительном комплексе (ПВК) SCAD Office. Рассмотрены конечно-элементные модели для оценки влияния жесткости перекрытий на общую устойчивость здания.

Ключевые слова: общая устойчивость, расчет, потеря устойчивости, многоэтажное здание, критический вес.

ВВЕДЕНИЕ

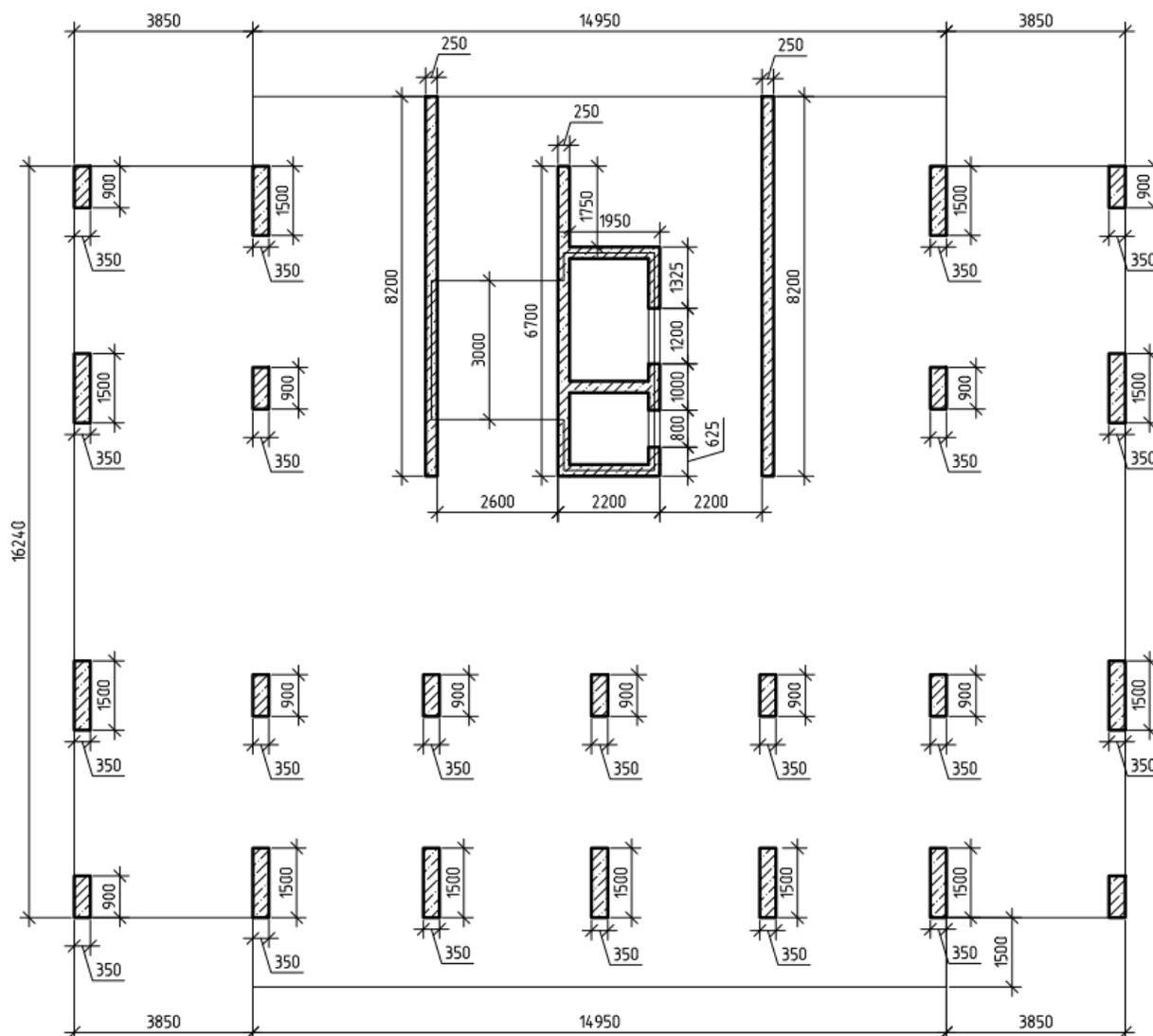
В настоящее время очень мало внимания уделяется вопросу общей устойчивости зданий и сооружений, который особенно важен при проектировании многоэтажных зданий. Только в том случае, если обеспечена общая устойчивость здания, можно утверждать, что система пилонов обеспечивает расчетную длину колонны в пределах этажа. Понятие общей устойчивости в современных нормативных документах сопряжено с понятием устойчивости конструктивной формы, однако при этом отсутствует методика расчета зданий на общую устойчивость. Единственным литературным источником, в котором приведена инженерная методика расчета зданий со связевым каркасом на общую устойчивость, является книга «Расчет многоэтажных зданий со связевым каркасом» под редакцией В.В. Ханджи. Здесь следует отметить, что в зданиях с рамным каркасом применение указанной методики возможно при соответствующей корректировке жесткостных параметров системы пилонов здания с учетом повышения общей жесткости конструктивной системы за счет жесткого сопряжения элементов каркаса между собой. В современных программно-вычислительных комплексах реализована возможность расчета зданий на общую устойчивость, основанная на энергетическом подходе. Однако хотелось бы оценить, насколько методика расчета общей устойчивости, реализованная в современных ПВК, соответствует ее инженерному пониманию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Рассмотрим 18-этажное каркасное здание, для которого в 2016 г. специалистами Казанского государственного архитектурно-строительного университета проводилась техническая экспертиза. Здание представляет собой жилой дом со встроенными нежилыми помещениями и автостоянкой в пределах дворовой территории. По проекту планировался 9-этажный жилой дом, фактически было надстроено еще 9 этажей. Схема расположения колонн и пилонов типовой секции здания представлена на рисунке.

При проведении обследования в организации пренебрегли оценкой общей устойчивости здания. В данном случае необходимо определение коэффициента запаса общей устойчивости с учетом увеличившейся этажности и, соответственно, нагрузки на систему колонн, пилонов и ядра жесткости.

Оценить общую устойчивость здания и определить коэффициент запаса общей устойчивости можно несколькими способами: теоретическим, основанным на теории тонкостенных стержней Власова, и при помощи современного программно-вычислительного комплекса SCAD, реализующего метод конечных элементов.



Расположение колонн и пилонов типовой секции здания

Для определения коэффициента запаса общей устойчивости теоретическим путем необходимо решить цикл уравнений В.В. Ханджи [1].

Данные, необходимые для расчета, а также геометрические характеристики здания приведены ниже:

Осевые моменты инерции сечения пилонов	$J_{\max} = 38,868 \text{ м}^2$; $J_{\min} = 3,102 \text{ м}^2$
Момент инерции сечения при свободном кручении	$J_{kpi} = 6,612 \text{ м}^4$
Характеристика плана здания	$\gamma = 83,033 \text{ м}^2$
Площадь плана здания	$F = 412,69 \text{ м}^2$
Расстояние до центра плана здания в системе координат, проходящей через центр изгиба здания	$a_x = -0,221 \text{ м}$; $a_y = -3,791 \text{ м}$
Высота пилонов	$H = 59,325 \text{ м}$
Модуль упругости бетона В25	$E_{\sigma} = 3 \cdot 10^4 \text{ МПа}$

Определяем условный крутильный момент инерции:

$$J_{\text{усл}} = 0,05 \cdot J_{kpi} \cdot H^2 = 0,05 \cdot 6,612 \cdot 59,325^2 = 1,164 \cdot 10^3 \text{ м}^6. \quad (1)$$

Находим основные критические веса здания:

$$G_x = \frac{2,3 \cdot E_{\sigma} \cdot J_{\max}}{H_0^2} = \frac{2,3 \cdot 3 \cdot 10^4 \cdot 38,868}{59,325 \cdot 1,1} = 629,76 \text{ МН}; \quad (2)$$

$$G_y = \frac{2,3 \cdot E_{\sigma} \cdot J_{\min}}{H_0^2} = \frac{2,3 \cdot 3 \cdot 10^4 \cdot 3,102}{59,325 \cdot 1,1} = 50,268 \text{ МН}; \quad (3)$$

$$G_{\omega} = \frac{2,3 \cdot E_{\sigma} \cdot J_{\text{усл}}}{\gamma \cdot H_0^2} = \frac{2,3 \cdot 3 \cdot 10^4 \cdot 1,164 \cdot 10^3}{83,033 \cdot 59,325 \cdot 1,1} = 227,047 \text{ МН}. \quad (4)$$

Коэффициенты кубического уравнения рассчитываем по следующим формулам:

$$A_1 = 1 - (a_x^2 + a_y^2) / \gamma = 1 - (0,221^2 + (-3,791)^2) / 83,033 = 0,826; \quad (5)$$

$$\begin{aligned} A_2 &= G_x + G_y + G_{\omega} - G_x \cdot \frac{a_y^2}{\gamma} - G_y \cdot \frac{a_x^2}{\gamma} = \\ &= 629,76 + 50,268 + 227,047 - 629,76 \cdot \frac{(-3,791)^2}{83,033} - 50,268 \cdot \frac{(-0,221)^2}{83,033} = \\ &= 798,018 \text{ МН}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} A_3 &= G_x \cdot G_y + G_x \cdot G_{\omega} + G_y \cdot G_{\omega} = \\ &= 629,76 \cdot 50,268 + 629,76 \cdot 227,047 + 50,268 \cdot 227,047 = 1,861 \cdot 10^5 \text{ МН}^2; \end{aligned} \quad (7)$$

$$A_4 = G_x \cdot G_y \cdot G_{\omega} = 629,76 \cdot 50,268 \cdot 227,047 = 7,188 \cdot 10^6 \text{ МН}^3. \quad (8)$$

Подставляя коэффициенты, определенные по формулам (5)–(8), решаем кубическое уравнение:

$$A_1 \cdot G_{кр}^3 - A_2 \cdot G_{кр}^2 + A_3 \cdot G_{кр} - A_4 = 0; \quad (9)$$

$$0,826 \cdot G_{кр}^3 - 798,018 \cdot G_{кр}^2 + 1,861 \cdot 10^5 \cdot G_{кр} - 7,188 \cdot 10^6 = 0.$$

$$\begin{aligned} G_{кр1} &= 287,255 \text{ МН;} \\ G_{кр2} &= 630,85 \text{ МН;} \\ G_{кр3} &= 48,02 \text{ МН.} \end{aligned} \quad (10)$$

Практический смысл имеет наименьший корень кубического уравнения, который является критическим весом здания, соответствующим изгибно-крутильной форме потери устойчивости.

Нормативный вес надземной части здания определен расчетом в ПВК SCAD и составляет $G_n = 14\,763,176 \text{ тс} = 144,782 \text{ МН}$.

Коэффициент запаса устойчивости

$$k = \frac{G_{кр}}{1,1 \cdot G_n} = \frac{48,02}{1,1 \cdot 144,782} = 0,302. \quad (11)$$

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что общая устойчивость здания не обеспечена согласно теоретической методике расчета, изложенной в [1], где пренебрегают влиянием жесткости перекрытий на стеснение деформации тонкостенного стержня. Чтобы определить влияние жесткости перекрытий на работу системы пилонов, предлагается корректировать жесткость пилонов. Для этого рассмотрим две конечноэлементные схемы в SCAD Office.

Первая полностью соответствует фактической схеме рассматриваемого здания. При этом в качестве нагружения в уровне верхнего перекрытия в направлении главных осей здания поочередно прикладываем фиктивные силы $P = 100 \text{ тс}$.

Вторая схема аналогична первой, но без перекрытий. Объединяются перемещения узлов по направлениям X и Y в уровне плиты покрытия последнего этажа и прикладывается одна горизонтальная сила $P = 100 \text{ тс}$ к узлу.

В схемах определяются и сравниваются величины перемещений узлов, к которым приложена сила P (узлы плиты покрытия).

Для первой схемы перемещения узлов по оси X составят $\delta_{1x} = -36,651 \text{ мм}$, а по оси Y $\delta_{1y} = -0,165 \text{ мм}$.

Для второй схемы перемещения узлов по осям X и Y составят соответственно $\delta_{2x} = -867,422 \text{ мм}$ и $\delta_{2y} = -24,441 \text{ мм}$.

На основании сравнения полученных результатов вводим корректуры в основные критические веса и решаем кубическое уравнение (10). В результате получим новые критические веса здания:

$$G_{кр1} = 93\,389,152 \text{ МН;}$$

$$G_{кр2} = 1\,494,735 \text{ МН};$$

$$G_{кр3} = 218,535 \text{ МН}.$$

На основании вновь полученных данных с учетом жесткости узлов каркаса коэффициент запаса устойчивости составит:

$$k = \frac{G_{кр}}{1,1 \cdot G_n} = \frac{218,535}{1,1 \cdot 144,782} = 1,37.$$

Согласно п. 6.2.8. СП 52-103-2007 «Железобетонные монолитные конструкции зданий» запас по устойчивости системы должен быть не менее чем двукратным. Следовательно, общая устойчивость рассматриваемого здания не обеспечена.

При этом при проверке общей устойчивости системы здания в ПВК SCAD [2] был получен коэффициент запаса общей устойчивости $k = 6,8$, на основании чего можно сделать вывод, что общая устойчивость здания обеспечена.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важным аспектом проектирования является правильное моделирование работы конструкции в современных ПВК, так как это может существенно влиять на результаты расчета. При этом полученные результаты должны подвергаться критическому анализу путем сопоставления с данными, полученными аналитическими методами.

Путем анализа результатов, полученных аналитическим и численным методами, установлено, что учет жесткости сопряжения узлов вертикальных конструкций с горизонтальными диафрагмами перекрытий необходим для обеспечения запаса общей устойчивости многоэтажного здания. Для рассматриваемой конструктивной системы коэффициент запаса устойчивости при расчете аналитическими методами увеличился в 4,5 раза, а при расчете численными методами – в 22,5 раза.

Следует отметить, что численное решение задачи по определению коэффициента запаса общей устойчивости при помощи современного ПВК SCAD, основанного на конечно-элементном анализе, дает значительно большее повышение коэффициента запаса устойчивости, чем аналитическое решение. Из полученных результатов следует, что при решении указанной задачи численными методами следует уточнять полученные результаты аналитическим расчетом для исключения возможной ошибки при проектировании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ханджи В.В. Расчет многоэтажных зданий со связевым каркасом. М.: Стройиздат, 1977. 187 с.
2. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. М.: СКАД СОФТ, 2011. 736 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

СОКОЛОВ Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет» (ТвГТУ), 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: gek.tver@mail.ru

БАРКАЯ Темур Рауфович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет» (ТвГТУ), 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: btrs@list.ru

ГАВРИЛЕНКО Алексей Владимирович – ассистент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет» (ТвГТУ), 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: gawaw@mail.ru

КУЛЯЕВ Павел Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет» (ТвГТУ), 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: p.kuliaev@yandex.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Соколов С.А, Баркая Т.Р., Гавриленко А.В., Куляев П.В. Расчет общей устойчивости многоэтажных зданий // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 35–41.

CALCULATION OF THE GENERAL STABILITY OF MULTI-STOREY BUILDINGS

S.A. Sokolov, T.R. Barkaya, A.V. Gavrilenko, P.V. Kuliaev
Tver State Technical University (Tver)

Abstract. This article considers the calculation of the overall sustainability of a multi-storey building by two common methods. The calculation of the safety factor of the overall stability of a multi-storey building using the method outlined by Khandzhi V.V. [1]. The result of the calculation of the factor of the overall stability of the system in the software complex SCAD Office is given. Finite element models are considered to assess the effect of the stiffness of the floors on the overall stability of the building.

Keywords: main stability, calculation, loss of stability, multi-storey building, critical weight.

REFERENCES

1. Hanji V.V. Raschet mnogoetazhnyh zdaniy so svyazevym karkasom [Calculation of multi-storey buildings with link frame]. M.: Stroizdat, 1977. 187 p.
2. Perel'muter A.V., Slivker V.I. Raschetnye modeli sooruzhenij i vozmozhnost' ih analiza [Design models of structures and the possibility of their analysis]. M.: SCAD SOFT. 2011. 736 p.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

SOKOLOV Sergey Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, the Associate Professor of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: gek.tver@mail.ru

BARKAYA Temur Raufovich – Candidate of Technical Sciences, head of the Department of Constructions and Structures, «Tver State Technical University» (TvSTU), 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: btrs@list.ru

GAVRILENKO Alexey Vladimirovich – Assistant of the Department of Constructions and Structures, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: gawaw@mail.ru

KULIAEV Pavel Viktorovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Structures and Facilities, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: p.kuliaev@yandex.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Sokolov S.A., Barkaya T.R., Gavrilenko A.V., Kuliaev P.V. Calculation of the general stability of multi-storey buildings // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2019. No. 4 (4), pp. 35–41.

УДК 528.378:124.5

ЛИЧНЫЙ КАБИНЕТ КАДАСТРОВОГО ИНЖЕНЕРА

Л.А. Степанова

Тверской государственной технической университет (г. Тверь)

Аннотация. Приведены основные сведения о сервисе «Личный кабинет кадастрового инженера» на сайте Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестра). Описаны возможности сервиса для проверки подготавливаемой кадастровой документации, что однозначно сказывается на уменьшении реестровых ошибок. Анализируется результат двухлетнего функционирования личного кабинета по отчетам Росреестра за 2017 и 2018 гг.

Ключевые слова: кадастровый инженер, личный кабинет, кадастровая документация, пространственный анализ, логический контроль, недвижимость, кадастровый учет, регистрация права.

С 2017 г. на портале Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестра) запущен электронный сервис «Личный кабинет» для физических и юридических лиц. Кадастровый инженер, в отличие от физических и юридических лиц, обладает квалификационным аттестатом кадастрового инженера, номер которого внесен в Реестр кадастровых инженеров [1].

Для эффективной работы кадастрового инженера в «Личном кабинете» должно быть соблюдено три условия:

наличие усиленной квалифицированной электронной подписи (УКЭП), которую следует получить на возмездной основе в аккредитованных удостоверяющих центрах [2] и ежегодно обновлять;

регистрация в личном кабинете под единой учетной записью пользователя портала Госуслуг с указанием номера квалификационного аттестата кадастрового инженера;

устойчивая и высокоскоростная связь с порталом Росреестра рабочего компьютера с USB-носителем сертификата УКЭП.

Информационное взаимодействие кадастрового инженера с сайтом Росреестра регламентируется ст. 20 Закона № 218-ФЗ «О государственной регистрации недвижимости», при этом обеспечивается фиксация всех фактов информационного взаимодействия.

Главное предназначение «Личного кабинета кадастрового инженера» состоит в сокращении ошибок при подготовке кадастровой документации, что достигается:

выполнением пространственного анализа на топологическую корректность свойств объектов недвижимости в технических, межевых планах, картах-планах территорий. Ошибками пространственного анализа являются наложения границ земельных участков и пересечения их с объектами землеустройства (границы населенных пунктов, территориальные зоны) и др.;

за счет форматно-логического контроля пакета документов в XML-формате. Документы проверяются на соответствие XML-схемам, разработанным Росреестром [3]. XML-формат является машинно-читаемым, то есть обеспечивает автоматическое прочтение подготовленных кадастровым инженером документов. Это сводит к минимуму человеческий фактор и способствует уменьшению ошибок при внесении сведений и наполнении соответствующих таблиц базы данных Федеральной государственной информационной системы Единого государственного реестра недвижимости (ФГИС ЕГРН). Набор выполняемых проверок логической корректности файла различается в зависимости от типа объекта.

Информационные возможности кабинета позволяют кадастровому инженеру:

просматривать историю проведенных предварительных проверок и протоколы проверок в разделе «Мои задачи»;

фиксировать результаты своей профессиональной деятельности в виде таблиц и графиков в разделе «Моя статистика»;

помещать пакет проверенных документов в электронное хранилище (не более чем на три месяца). В договоре на выполнение кадастровых работ предусматривается возможность помещения в электронное хранилище подготовленных кадастровым инженером межевых планов, технических планов, карт-планов территории и актов обследования под уникальным идентификационным номером (УИН), в этом случае заявитель при подаче заявления для осуществления государственного кадастрового учета и (или) государственной регистрации прав на объект недвижимости вправе указать в заявлении УИН, не представляя соответствующие документы на электронном носителе.

Косвенным показателем эффективности использования кадастровыми инженерами функционала «Личного кабинета» является сравнение данных Росреестра по числу приостановок и отказов за 2017 и 2018 гг. [4]. В целом по РФ выделяются три группы решений о приостановлении осуществления:

регистрации прав (РП);

кадастрового учета и регистрации прав (КУ и РП));

осуществления кадастрового учета (КУ).

По трем группам уменьшилось абсолютное число приостановок в 2018 г. по сравнению с 2017 г. (рис. 1). Приостановки в 2017 г. составили 17,1 % от общего числа принятых решений по КУ (осуществление учета, приостановка и отказ), а в 2018 г. – 13,3 %.

В целом по РФ в решениях об отказе в осуществлении кадастрового учета и (или) регистрации прав выделяются три аналогичные группы решений и также прослеживается

положительная динамика (рис. 2). Отказы в 2017 г. составили 12,6 % от общего числа принятых решений по КУ (осуществление учета, приостановка и отказ), а в 2018 г. – 7,1 %.

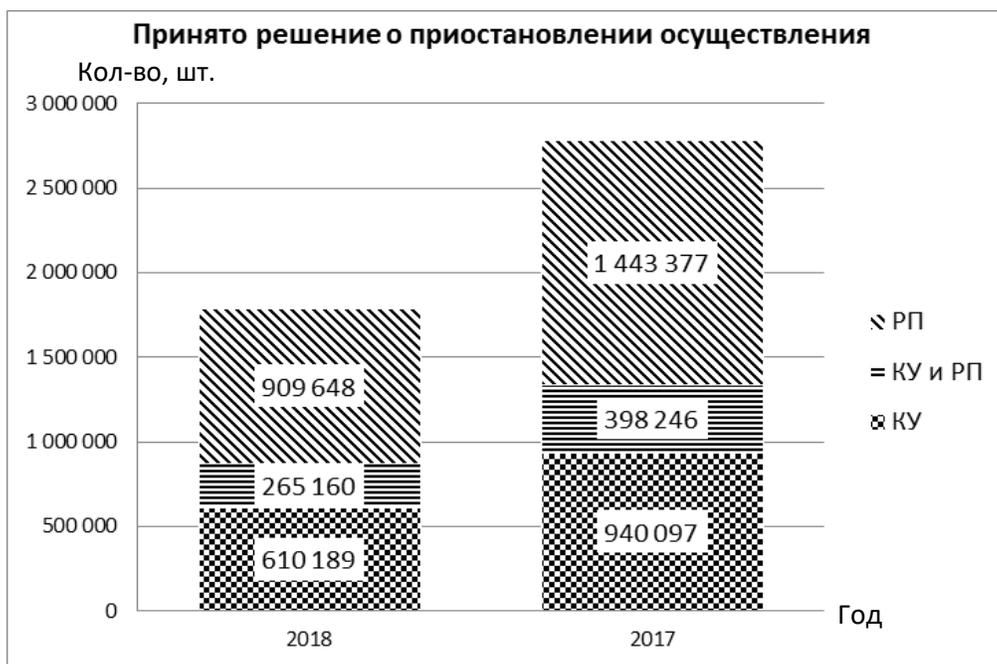


Рис. 1. Динамика приостановок в целом по РФ

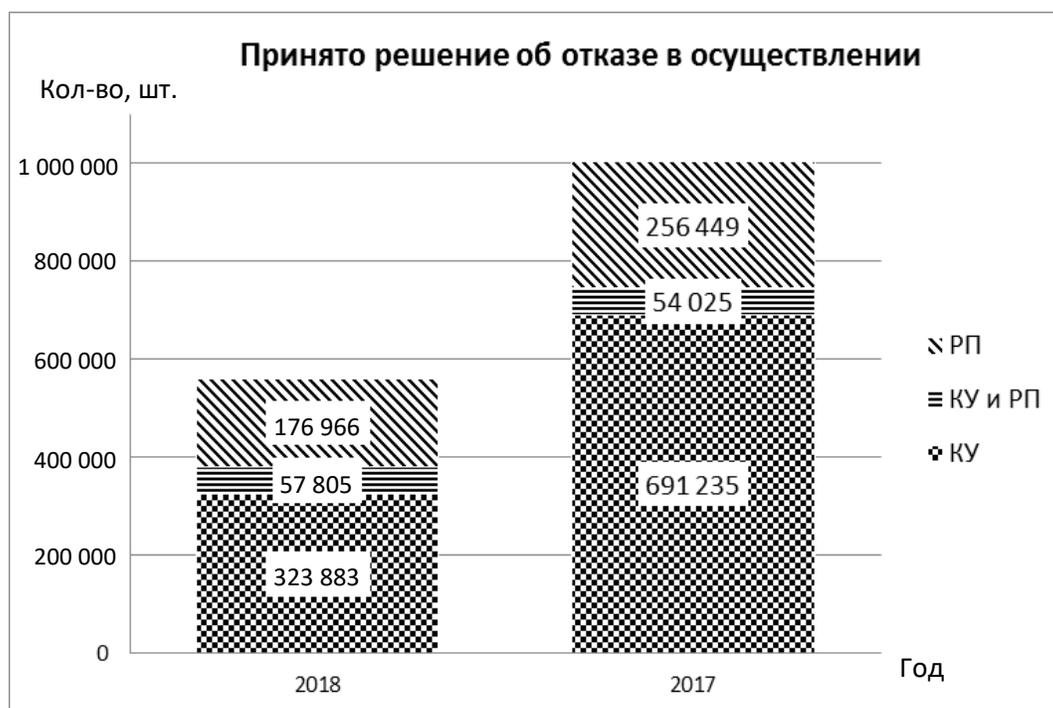


Рис. 2. Динамика отказов в целом по РФ

В Тверском регионе по итогам работы за 2018 г. доля приостановлений по заявлениям о постановке на государственный кадастровый учет снижена до 16,6 % (при целевом показателе 17 %), а отказов – до 6,59 % (при целевом показателе 9 %) [4]. Тенденция к уменьшению реестровых ошибок в деятельности кадастровых инженеров будет нарастать по мере освоения полного функционала «Личного кабинета».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Реестр кадастровых инженеров. URL: https://rosreestr.ru/wps/portal/ais_rki (дата обращения: 08.05.2019).
2. Перечень удостоверяющих центров, исполнивших требования распоряжения Росреестра от 27.03.2014 № п/32. URL: <https://rosreestr.ru/site/fiz/zaregistrirovat-nedvizhimoe-imushchestvo-/perechen-udostoverayayushchikh-tsentrov-ispolnivshikh-trebovaniya-rasporyazheniya-rosreestra-ot-27-03/> (дата обращения: 10.05.2019).
3. Актуальные XML-схемы. URL: <https://rosreestr.ru/site/fiz/zaregistrirovat-nedvizhimoe-imushchestvo-/xml-skhemy/> (дата обращения: 08.05.2019).
4. Сведения о деятельности Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по государственному кадастровому учету и государственной регистрации прав за 12 месяцев 2017 года (сборник в разрезе территориальных органов и структурных подразделений центрального аппарата Росреестра); Сведения о деятельности Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии по государственному кадастровому учету и государственной регистрации прав за 2018 год (сводный отчет по РФ). URL: <https://rosreestr.ru/site/open-service/statistika-i-analitika/statisticheskaya-otchetnost/> (дата обращения: 08.06.2019).
5. Семинар кадастровых инженеров в Управлении Росреестра по Тверской области. URL: https://www.ros cadastre.ru/about/r1_3/centralfo/tver/reg_news/4099052/ (дата обращения: 18.06.2019).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

СТЕПАНОВА Людмила Александровна – кандидат технических наук, доцент кафедры геодезии и кадастра, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: lusi_st@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Степанова Л.А. Личный кабинет кадастрового инженера // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 41–45.

PERSONAL ELECTRONIC OFFICE OF CADASTRAL ENGINEER

L.A. Stepanova

Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The article contains basic information about the personal electronic office of cadastral engineer on the website of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography (Rosreestr). The possibilities of the office for checking the prepared cadastral

documentation are described, which clearly affects the reduction of cadastral errors. The result of two-year functioning of personal offices according to Rosreestr reports for 2017 and 2018 is analyzed.

Keywords: cadastral engineer, personal electronic office, cadastral documentation, spatial analysis, logical control, real estate, cadastral registration, registration of rights.

REFERENCES

1. Register of Cadastral Engineers. URL: https://rosreestr.ru/wps/portal/ais_rki (date of access: 08.05.2019).
2. The list of certification centers that have complied with the requirements of the Rosreestr order from 27.03.2014 № п/32. URL: <https://rosreestr.ru/site/fiz/zaregistrovat-nedvizhimoe-imushchestvo-/perechen-udostoverayushchikh-tsentrov-ispolnivshikh-trebovaniya-rasporyazheniya-rosreestra-ot-27-03/> (date of access: 10.05.2019).
3. Actual XML Schemas. URL: <https://rosreestr.ru/site/fiz/zaregistrovat-nedvizhimoe-imushchestvo-/xml-skhemy/> (date of access: 08.05.2019).
4. Information on the activities of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography for State Cadastral Accounting and State Registration of Rights for 12 months of 2017 URL: <https://rosreestr.ru/site/open-service/statistika-i-analitika/statisticheskaya-otchetnost/> (date of access: 08.06.2019).
5. Seminar of cadastral engineers in the Office of Rosreestr in the Tver region. URL: https://www.roskadastre.ru/about/r1_3/centralfo/tver/reg_news/4099052/ (date of access: 18.06.2019).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

STEPANOVA Lyudmila Aleksandrovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Surveying and Cadastre, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: lusi_st@mail.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Stepanova L.A. Personal electronic office of cadastral engineer // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2019. No. 4 (4), pp. 41–45.

УДК 550.48(23)

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТЕРМОСТАБИЛИЗАЦИИ НАСЫПИ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

В.И. Трофимов

Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

Аннотация. В основе технического предложения по термостабилизации насыпи лежит оригинальная идея «бегущей волны», реализуемая на базе управляемого компьютером автоматизированного комплекса, состоящего из основной (то есть стационарной) и вспомогательной (гибкой) частей системы охлаждения грунта. При этом

стационарная часть выполнена из утилизированных железнодорожных цистерн с замещением большей части грунтовой отсыпки, а вспомогательная имеет вид упругого эластичного ковра.

Разработанная в ТвГТУ оригинальная технология термостабилизации насыпи железной дороги на вечномёрзлых грунтах по результатам проведения XXII Московского международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед 2019» получила золотую медаль.

Ключевые слова: железная дорога, насыпь, мерзлые грунты, железнодорожные цистерны, термостабилизация.

Одним из важнейших условий эффективного обустройства северных территорий является ускоренное строительство широкой сети дорог. При этом эффективное освоение уникальных и стратегически важных для нашей страны месторождений, расположенных в удаленных районах Арктики, а также надежная их защита невозможны без применения новых технологических и конструктивных решений при строительстве транспортных сооружений [1].

Можно выделить три основных фактора, которые негативно влияют на эффективность транспортного строительства в Арктических зонах:

широкое распространение структурно-неустойчивых при оттаивании высокольдистых тонкодисперсных грунтов с отсутствием в достаточном количестве кондиционных грунтовых материалов;

использование технологий и технических решений, не отвечающих в полной мере условиям и современным требованиям строительства на сложных грунтах;

сезонность выполнения строительных работ и высокая стоимость возводимых дорог [2].

В настоящее время применяют в основном три метода повышения устойчивости грунтовых насыпей, отсыпаемых на мерзлых грунтах:

сохранение основания и насыпи в мерзлом состоянии;

использование особых конструктивных решений насыпи;

модифицирование – структурное упрочнение грунтовой отсыпки насыпи [3].

Недостатком известных технических решений, используемых в настоящее время в практике температурной стабилизации основания сооружений на вечномёрзлых грунтах, является высокая стоимость их реализации, а также малая эффективность систем охлаждения за счет сложности охвата всего объема насыпи, вследствие чего развиваются негативные процессы, связанные с формированием неравномерных осадок насыпи, что приводит к уменьшению ее устойчивости и снижению эффективности этих технических решений в целом.

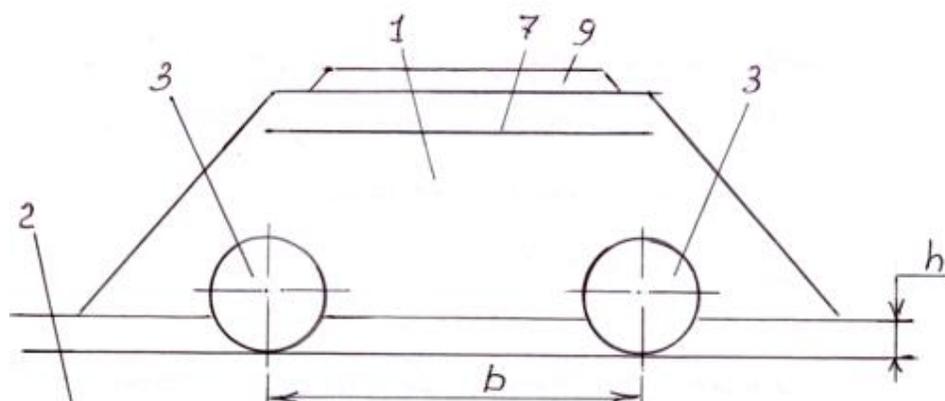
Необходим комплексный подход к вопросу повышения эффективности строительства железных дорог на высокольдистых тонкодисперсных грунтах в Арктических зонах. При этом решение проблемы базируется на двух новых технологических принципах, в соответствии с которыми необходимо предусмотреть возможность:

замещения больших объемов грунтовой отсыпки насыпи;

постоянного поддержания насыпи в устойчивом состоянии в автоматическом режиме.

Это обеспечивается применением новой технологии ускоренного возведения железных дорог за счет значительного снижения объема грунтовой отсыпки, а соответственно, и стоимости строительства, путем утилизации отработанных железнодорожных цистерн в теле насыпи, повышения устойчивости насыпи на мерзлых грунтах при помощи оригинальной управляемой системы термостабилизации грунта [4]. Последняя состоит из основной (стационарной) части – отработанных железнодорожных цистерн, используемых в качестве холодильных устройств и уложенных в заглубленном состоянии на величину оттаивания h в основании насыпи (рис. 1а) [4], а также из гибкой вспомогательной части, выполненной в виде упруго-эластичного ковра на основе геосетки или геополотнища с электрическими микрохолодильниками Пельтье и датчиками температуры (рис. 1б) [5], уложенного в основании железнодорожного полотна, с возможностью автоматического поддержания компьютером температурно-реологического состояния основания с учетом погодных и грунтовых условий по заданной программе на всем протяжении дороги (рис. 2).

а



б

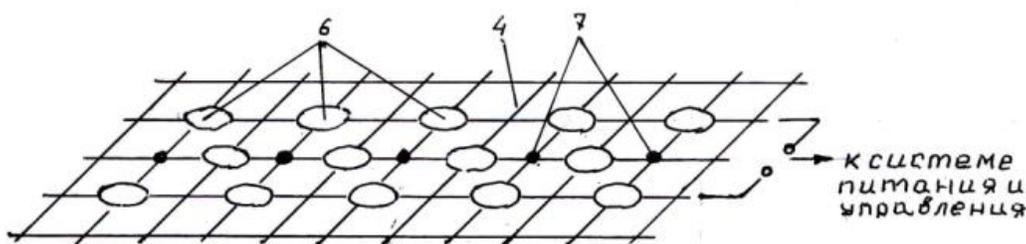


Рис. 1. Конструктивная схема насыпи, состоящая из основной (а) и вспомогательной (б) частей системы термостабилизации грунта:

- 1 – насыпь; 2 – мерзлое основание; 3 – отработанные железнодорожные цистерны;
 4 – геосетка (геополотнище) с микрохолодильниками Пельтье 6 и термодатчиками 7; 5 – железнодорожное полотно

Работу новой гибкой системы термостабилизации грунтовых сред можно сравнить с работой новых светильников или световых указателей на основе использования светодиодов. Один светодиод не может заменить лампу накаливания, но несколько светодиодов позволяют эффективно осуществлять функцию освещения, при этом затрачивая значительно меньше электроэнергии. По этой аналогии предлагается использовать термоэлементы Пельтье. Один микрохолодильник Пельтье не может охлаждать значительные объемы грунта, но, закрепив такие термоэлементы в большом количестве, например по всей длине полимерной геосетки или геополотнища, и включив их в электрическую цепь, можно охватить значительную площадь насыпи с основанием. В этом случае существенно расширяется область применения дорожных рулонных материалов, то есть геосеток и геополотнищ, причем не только как армирующих и противofильтрующих, но и в качестве термостабилизирующих материалов.

Технология строительства железной дороги на основе предложенных технических решений может быть реализована следующим образом.

При работе в зимний период на расчищенном участке трассы строящейся дороги устраивают основную (нижнюю) часть охлаждающей системы. Для этого отработанные железнодорожные цистерны укладывают в одну или в две нитки по длине и поперек трассы дороги и фиксируют (см. рис. 1а).

В летний период цистерны укладывают в траншеи, вырытые на глубину оттаивания, соединяют цистерны между собой трубопроводами и с устройством подачи хладоагента. Затем отсыпают насыпь из высокольдистого грунта на мерзлое основание, устраивают вспомогательную (верхнюю) часть охлаждающей системы, для чего расстилают упруго-эластичный ковер с микрохолодильниками Пельтье и термодатчиками, которые подключают к источникам питания и управления (см. рис. 1б). После этого отсыпают балласт и укладывают рельсовый путь. Прокачивая хладоагент через систему цистерн, производят охлаждение насыпи и основания.

Для повышения эффективности работы насыпи железной дороги (например, для экономии энергоресурсов) создают условия для проводки одновременно как легко, так и тяжело нагруженных составов, для чего задают два режима промораживания. Первый задают в ждущем температурном режиме на уровне от нуля до -5°C с формированием и поддержанием пластично-мерзлого состояния грунта на всем протяжении дороги, а второй – в активном температурном режиме на уровне от -5 до 2°C с формированием и поддержанием твердомерзлого состояния периодически – в момент прохождения тяжело нагруженного железнодорожного состава и дискретно – на участке насыпи впереди состава на длине насыпи, равной как минимум двум длинам состава kl (где l – длина состава; k – коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды и скорость движения состава) (рис. 2).

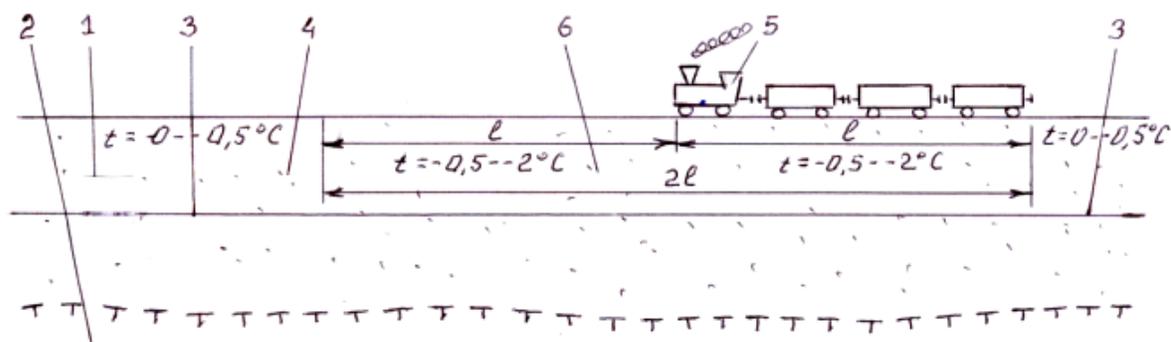


Рис. 2. Схема работы вспомогательной части системы термостабилизации грунта: 1 – насыпь; 2 – мерзлое основание; 3 – геосетка (геополотнище) с микрохолодильниками Пельтье и термодатчиками; 4 – зона ждущего режима охлаждения; 5 – поезд; 6 – зона активного режима охлаждения

В теплое время года закрываются вентиляционные выпуски цистерн в откосах насыпи, установленных поперек трассы дороги, и производится промораживание насыпи путем пропускания хладагента через цистерны.

Включив в сеть термоэлектрические модули Пельтье вспомогательной части охлаждающей системы, производят промораживание окружающих слоев грунта вокруг упруго-эластичного ковра с возможностью поддержания его в заданном термореологическом состоянии.

Данный оригинальный комплекс технических решений обеспечивает: значительное сокращение сроков и стоимости строительства; повышение устойчивости и, следовательно, надежности работы насыпи; повышение технологичности и экологичности строительства дороги; возможность автоматического поддержания температурно-реологического состояния насыпи и основания железнодорожного полотна на всем протяжении дороги.

Можно приближенно оценить экономическую эффективность предложенной разработки. Например, при использовании в конструкции железнодорожной насыпи с двумя путями и высотой 6 м двух ниток из отработанных цистерн диаметром 3 м объем замещенного грунта отсыпки может составить примерно 30–40 %. Кроме того, на каждом метре длины отсыпаемой насыпи можно исключить использование двух-трех самосвалов типа «Камаз», то есть такая конструкция насыпи, даже без учета использования новой системы термостабилизации, позволит достигнуть значительного экономического эффекта.

Предлагаемый комплекс технических решений по строительству железной дороги с эффективной системой термостабилизации ее насыпи и основания позволяет значительно расширить область их применения, распространив их на строительство в Арктических зонах автомобильных дорог, а также аэродромов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трофимов В.И. Повышение эффективности транспортного строительства в Арктических зонах // *Научный Вестник Арктики*. № 3. 2018. С. 31–39.
2. Луцкий С.Я., Шепитько Т.В., Токарев П.М., Дудников А.Н. Строительство путей сообщения на Севере. М.: ЛАТМЭС, 2009. 286 с.
3. Кондратьев В.Г. Стабилизация земляного полотна на вечномёрзлых грунтах. Чита: ПолиграфРесурс, 2011. 176 с.
4. Патент РФ 2657310. *Насыпь железной дороги на вечномёрзлых грунтах* / Трофимов В.И. Заявл. 27.06.2017. Опубл. 13.06.2018, Бюл. № 17.
5. Патент РФ 2651713. *Способ температурной стабилизации насыпи железной дороги на мерзлых грунтах* / Трофимов В.И. Заявл. 27.06.2017. Опубл. 13.06.2018, Бюл. № 12.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

ТРОФИМОВ Валерий Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: vitrofa@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Трофимов В.И. Эффективная технология термостабилизации насыпи железной дороги на вечномёрзлых грунтах // *Вестник Тверского государственного технического университета*. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 45–51.

EFFECTIVE TECHNOLOGY OF THERMAL STABILIZATION OF RAILWAY EMBANKMENTS ON PERMAFROST

V.I. Trofimov

Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The basis of the technical proposal for thermal stabilization of the embankment is the original idea of the "traveling wave", implemented on the basis of an automated complex consisting of the main – stationary and auxiliary – flexible parts of the soil cooling system controlled by a computer. At the same time, the main stationary part is made of recycled railway tanks with the replacement of most of the soil filling, and the auxiliary part is in the form of an elastic carpet. The original technology of thermal stabilization of the railway embankment on permafrost, developed at TvSTU, was highly appreciated at the XXII Moscow international Salon of inventions and innovative technologies "Archimedes 2019", received a gold medal.

Keywords: railway embankment, the frozen ground, rail cars, heat setting.

REFERENCES

1. Trofimov V.I. Improving transport construction efficiency in arctic zones. *Nauchnyj Vestnik Arktiki*. No 3. 2018, pp. 45–51. (In Russian).

2. Luckij S.Y., SHepit'ko T.V., Tokarev P.M., Dudnikov A.N. Stroitel'stvo putej soobshcheniya na Severe [Construction of communication routes in the North]. M.: LATMES. 2009. 286 p.
3. Kondrat'ev V.G. Stabilizaciya zemlyanogo polotna na vechnomerzlyh gruntah. [Stabilization of earth web on permafrost soils]. CHita: PoligrafResurs. 2011. 176 p.
4. Patent RF 2657310. Railroad embankment on permafrost / Trofimov V.I. Declared 27.06.2017. Published 13.06.2018. Bulletin No. 17. (In Russian).
5. Patent RF 2651713. Method for temperature stabilization of a railway embankment on frozen soils / Trofimov V.I. Declared 27.06.2017. Published 13.06.2018. Bulletin No. 12. (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

TROFIMOV Valery Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: vitrofa@mail.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Trofimov V.I. Effective technology of thermal stabilization of railway embankments on permafrost // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2019. No. 4 (4), pp. 45–51.

УДК 539.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ БИЕНИЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЯХ С ПОЗИЦИИ ГЕОМЕХАНИКИ

В.В. Фадеев

Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

Аннотация. С позиции геометрической теории инвариантов для представления напряженно-деформированного состояния (НДС) структурной системы создана модель (круговая диаграмма НДС) предельного равновесного состояния при сложении двух гармонических колебаний одного направления, что позволило уточнить границы критерия возникновения биения при механических колебаниях.

Ключевые слова: механические колебания, биения, инварианты предельных состояний.

Возникновение биений в механике и радиотехнике известно достаточно давно. Наиболее обстоятельное изучение этого явления еще в начале прошлого века, завершено его описанием и получением критериев, при соблюдении которых биения не могут возникать, выполнил академик Л.И. Мандельштам [1]. Однако, несмотря на утверждение о том, что явление биений «достаточно подробно изучено и детально описано в монографиях по теории колебаний» [2], до сих пор одна из сложностей изучения процесса

биений связана с выявлением причин склонности колебательной системы к развитию биений на основе относительно простого определяемого критерия.

В работе был изучен механизм распространения механических колебаний в сплошной среде. Проведенное исследование показало, что распространение механических волн в различных средах связано с деформацией среды (сдвигом или растяжением сжатия), в которой они распространяются. Это позволило выдвинуть гипотезу о возможности описания волновых процессов с позиций НДС среды.

Учитывая тот факт, что большинство сред можно рассматривать как дисперсные, исследование механизма распространения механических волн в них было проведено с позиции геомеханики.

Был применен новый подход к описанию механизма наступления биения на основе теории инвариантов предельных состояний природных систем, предложенной авторами [3] и позволяющей увязать воедино многие проблемы нелинейной механики деформированных сред и физико-химии структуры. Согласно этому подходу различные природные объекты объединяет общность их инвариантов предельных состояний как некий физический принцип гармонии развития структурных систем. Сходство критических явлений в объектах разной природы позволяет рассматривать их с единой точки зрения. У всех объектов существуют определенные физические величины, характеристическая зависимость которых вблизи точек перехода различной природы одинакова или почти одинакова.

В результате проделанной работы на основе графической интерпретации теории прочности Кулона – Мора была создана модель (круговая диаграмма НДС) предельного равновесного состояния структурной системы при сложении двух гармонических колебаний одного направления (рис. 1, 2). В данной модели плоское напряженное состояние, или состояние двухосного сжатия, определяемое главными напряжениями σ_1 , σ_3 , было инвариантно заменено на состояние, получаемое при сложении двух колебаний с определяющими параметрами в виде их периодов T_1 и T_2 соответственно. В результате была получена расчетная зависимость периода результирующего колебания $T_{рез}$ как инварианта нормального напряжения σ_n на площадке, наклоненной к горизонтальной плоскости под углом φ в момент разрушения.

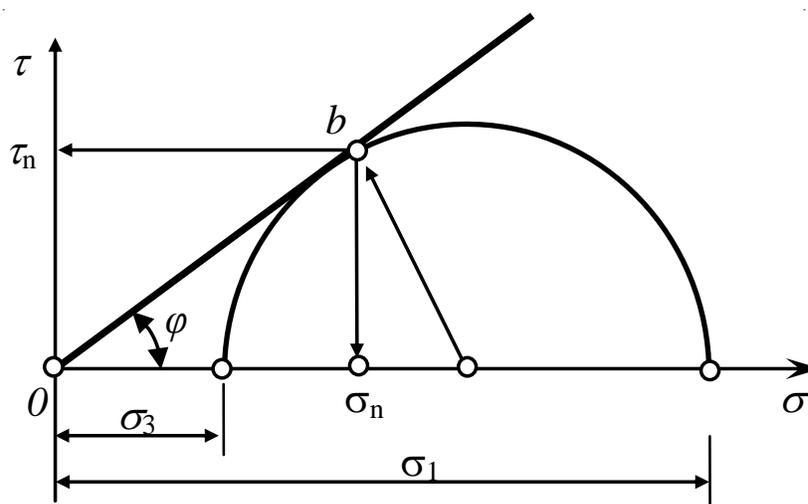


Рис. 1. Графическое построение Кулона – Мора

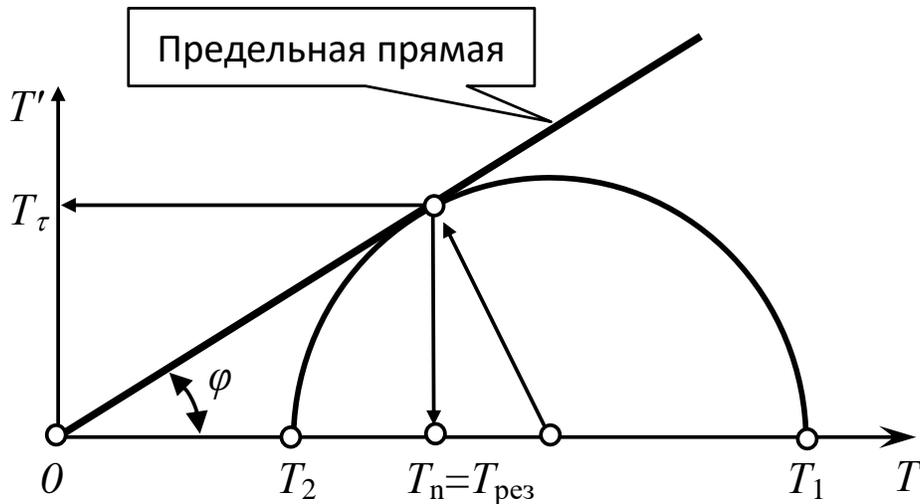


Рис. 2. Диаграмма НДС

Моделирование равновесного состояния критерия наступления биения $\Delta\omega/\omega_1$ посредством диаграммы НДС структурной системы позволило установить границы (верхнюю и нижнюю, рис. 3) и нормировать состояния колебательной системы при ее переходе от состояния негармонического колебания к биению. В качестве нормировочного выступает параметр НДС $P_{K(H)}$, а его геометрическим инвариантом на диаграмме НДС может выступать угол связности φ (рис. 4). Согласно диаграмме, представленной на рис. 4, при сложении колебаний с частотами ω_2 и ω_1 наблюдается результирующее негармоническое колебание, если круг Мора № 1, построенный на разности частот $\Delta\omega$, не выходит за пределы прямой «Качение». Явление биения в колебательной системе согласно диаграмме НДС (рис. 3) наступает, если круг Мора № 2 будет выходить за пределы прямой «Пределный цикл». Неоднородность колебательного процесса будет при нахождении круга Мора № 3 между этими предельными прямыми («Пределный цикл» и «Качение»).

Проведенные исследования доказывают, что на основе нового подхода с позиции НДС структурной системы может быть описан момент наступления различных предельных состояний в колебательных системах.

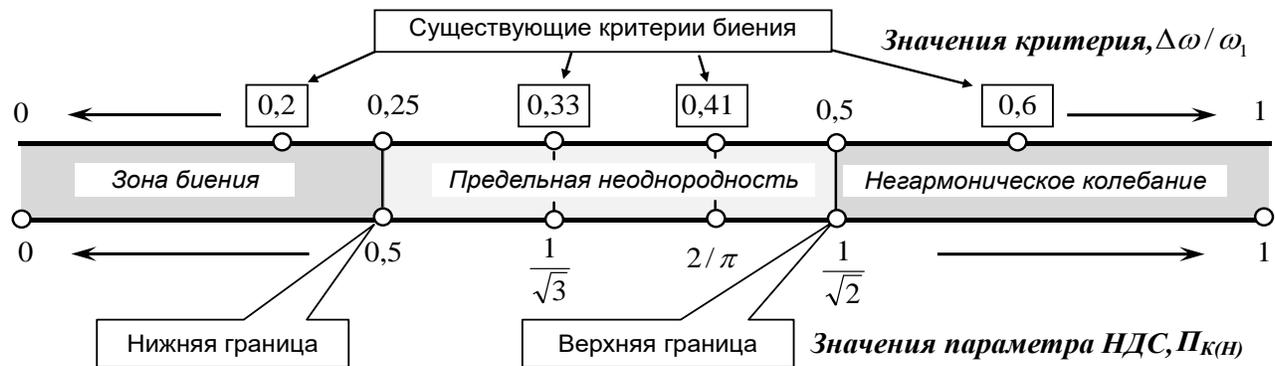


Рис. 3. Схема равновесного состояния

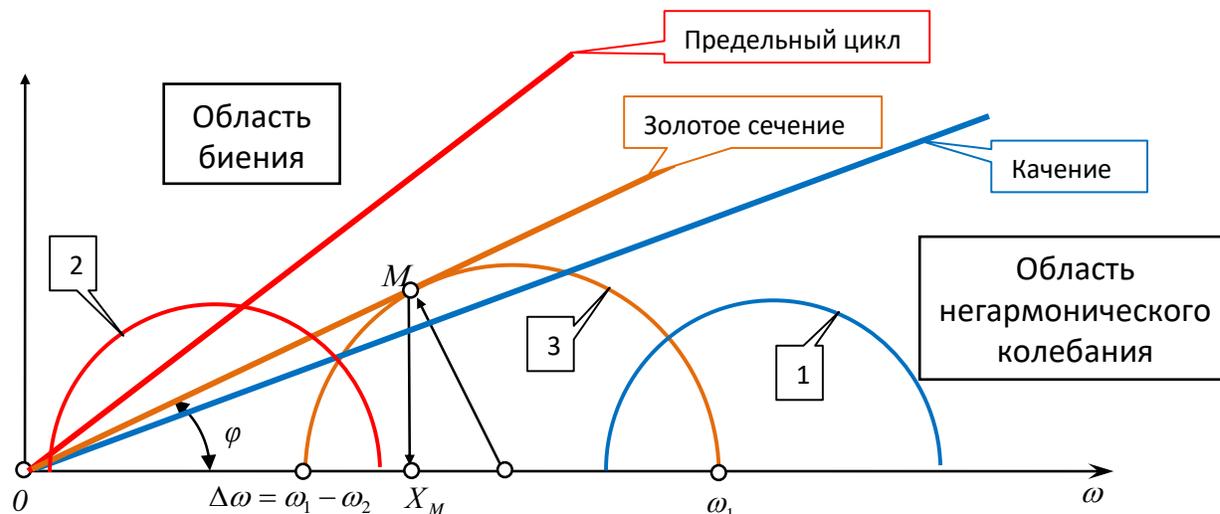


Рис. 4. Диаграмма предельных НДС при сложении одинаково направленных колебаний

Были получены следующие результаты:

создана геометрическая модель сложения двух гармонических колебаний одного направления. На основании круговой диаграммы НДС найдено выражение для определения периода результирующего колебания при биении;

введение критерия предельного равновесного НДС, характеризующего неоднородность состояния структурной системы, позволило на основе аналитического подхода более точно установить границы наступления режима биения.

Предложенный подход к определению равновесного состоянию системы в виде круговой диаграммы НДС может быть использован также при изучении широкого круга различных переходных процессов, что имеет большое практическое значение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мандельштам Л.И. Лекции по теории колебаний. М.: Наука, 1972. 470 с.
2. Адамия Р.Ш., Лобода В.М. Биение колебаний в металлургических машинах. *Динамика и прочность тяжелых машин. Вопросы математического моделирования: межвузовский тематический сборник научных трудов ДГУ*. Днепропетровск: ДГУ, 1986. С. 20–27.
3. Миронов В.А., Зюзин Б.Ф. Инварианты дистортности. Тверь: ТвГТУ, 2015. 168 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

ФАДЕЕВ Вадим Валентинович – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог, оснований и фундаментов, ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: roadstroj@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Фадеев В.В. Исследование явления биений при механических колебаниях с позиции геомеханики // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 51–55.

**STUDY OF BEAT PHENOMENON
IN MECHANICAL OSCILLATIONS
FROM GEOMECHANICAL POSITION**

V.V. Fadeev

Tver State Technical University (Tver)

Abstract. In the work from the perspective of geometric invariant theory to represent the stress-strain state (VAT) of the structural system of the model (pie chart VAT) limit equilibrium state with the sum of two harmonic oscillations of the same direction, which helped to clarify the boundaries of the criterion of occurrence of runout at mechanical vibrations.

Keywords: mechanical oscillations, beats, invariants of limit States.

REFERENCES

1. Mandelstam L.I. Lekcii po teorii kolebanij [Lectures on the theory of fluctuations]. Moscow: Science, 1972. 470 p.
2. Adamia R.S., Loboda V.M. Vibration beat in metallurgical machines. *Dynamics and strength of heavy machines. Mathematical modeling issues: Interuniversity thematic collection of scientific papers DSU*. Dnepropetrovsk: DSU, 1986, pp. 20–27. (In Russian).
3. Mironov V.A., Zuzin B.F. Invarianty distortnosti [Invariants of Distress]. Tver: TSTU, 2015. 168 p.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

FADEEV Vadim Valentinovich – Candidate of Technical Sciences, the Associate Professor of the Department of Roads, Substructures and Foundations, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: roadstroi@mail.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Fadeev V.V. Study of beat phenomenon in mechanical oscillations from geomechanical position // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2019. No. 4 (4), pp. 51–55.

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА



УДК 621.31

СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ НА 2019 г. ПЛАНЫ МОДЕРНИЗАЦИИ

Л.С. Араратьян, А.В. Крупнов, А.В. Прокофьев
Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

Аннотация. В статье приведен краткий анализ состояния энергетической системы России на начало 2019 г. Произведено сравнение показателей производства и потребления электроэнергии ЕЭС России и Тверской области за январь 2019 г. с показателями за аналогичный период предыдущих лет. Рассказано о планах модернизации энергетики России.

Ключевые слова: энергетика, энергетические системы, модернизация, тепловые электростанции, гидроэлектростанции, атомные электростанции, ветровые электростанции, солнечные электростанции, производство электроэнергии, потребление электроэнергии, состояние энергетической системы.

ВВЕДЕНИЕ

Больше века прошло с момента начала активного использования электроэнергии, когда ее стали использовать не только в повседневной жизни, но и в промышленности и для освещения улиц городов. Это привело к активному строительству электрических станций и линий электропередачи (ЛЭП), соединяющих данные электростанции между собой и с потребителями. Так образовались энергетические системы. Сейчас у нас в стране существует Единая энергетическая система (ЕЭС). ЕЭС России состоит из 71 региональной энергосистемы. Эти энергосистемы образуют семь объединенных энергетических систем (ОЭС): Северо-Запада, Центра, Юга, Средней Волги, Урала, Сибири, Востока. Все энергосистемы соединены межсистемными высоковольтными линиями электропередачи напряжением 220–500 кВ и выше и работают в синхронном режиме (то есть параллельно).

СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ НА 2019 г.

На данный момент энергетика Российской Федерации находится не в очень хорошем состоянии, так как срок эксплуатации большей части оборудования превышен на 30–40 %, при этом часть оборудования изношена на 50–55 и даже на 70 %. Таким образом, данное оборудование давно исчерпало свои резервы. Например, срок службы силового трансформатора в среднем составляет 20–30 лет, в России же еще эксплуатируются трансформаторы, установленные в 70-х гг. прошлого века, то есть им уже порядка 50 лет.

Важной особенностью электрической сети ЕЭС России является большое количество протяженных ЛЭП, в ряде случаев имеющих недостаточную пропускную способность. Стабильная работа энергосистемы, имеющей такие ЛЭП, в некоторых районах находится под угрозой и требует широкого применения систем противоаварийной и режимной автоматики.

Однако, несмотря на указанные проблемы, энергетическая система России работает и снабжает потребителя электроэнергией.

ПРОИЗВОДСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЯНВАРЕ 2019 г. СРАВНЕНИЕ С АНАЛОГИЧНЫМИ ПЕРИОДАМИ ПРЕДЫДУЩИХ ЛЕТ

На диаграммах представлены показатели производства и потребления электроэнергии за период с 2008 по январь 2019 г. (рис. 1, 2).

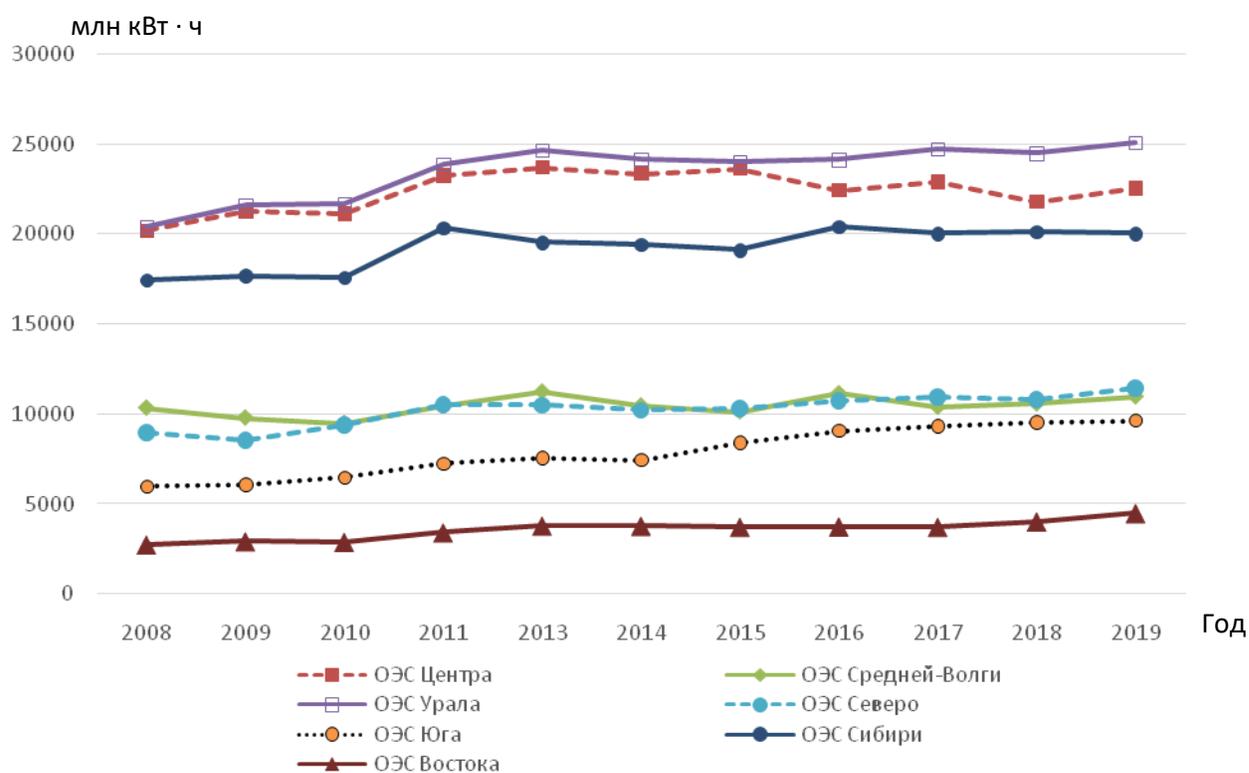


Рис. 1. Выработка электроэнергии по ОЭС

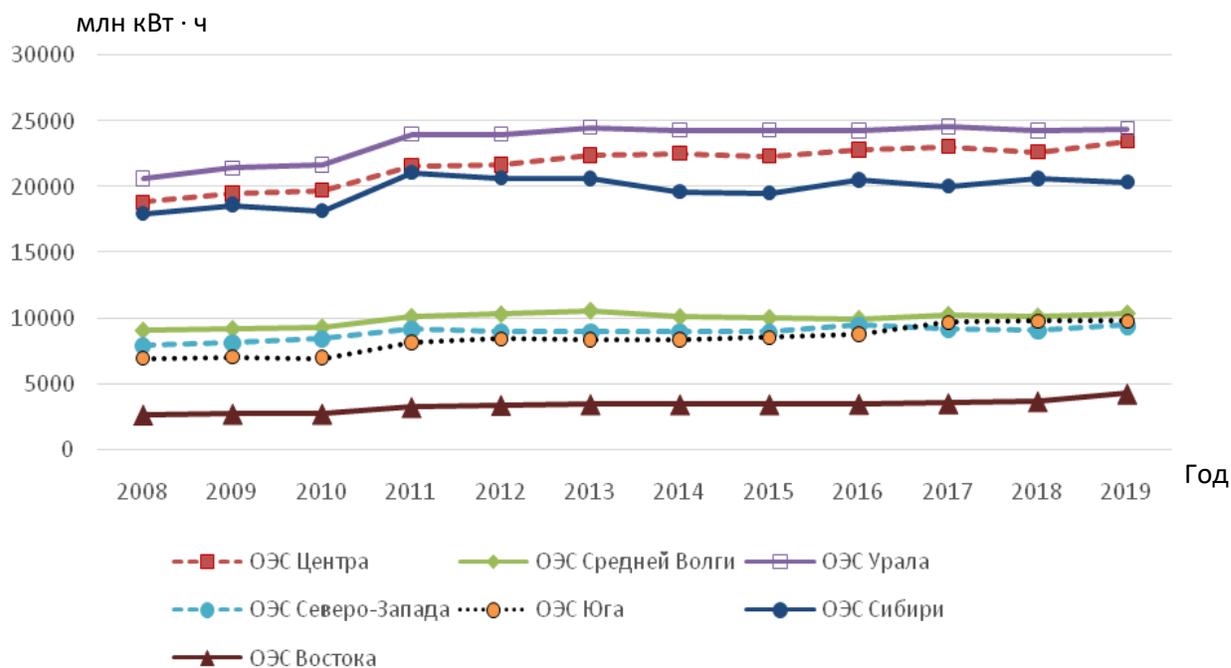


Рис. 2. Потребление электроэнергии по ОЭС

В январе 2019 г. производство электроэнергии электростанциями ЕЭС составило 104 164,9 млн кВт·ч, что на 2,8 % выше, чем аналогичный показатель 2018 г. При этом потребление электроэнергии составило 102 226,7 млн кВт·ч – это на 1,9 % выше. Производство и потребление электроэнергии ОЭС в процентах от общей выработки электростанциями ЕЭС показано на рис. 3, 4.

Основную нагрузку по обеспечению спроса на электроэнергию в январе 2019 г. несли тепловые электростанции (ТЭС), выработка которых составила 65 474,2 млн кВт·ч (100,15 % к январю 2018 г.). Выработка электроэнергии гидроэлектростанциями (ГЭС) за тот же период составила 13 597,0 млн кВт·ч (99,93 % к январю 2018 г.), выработка атомными электростанциями (АЭС) – 19 249,9 млн кВт·ч (114,80 % к январю 2018 г.), производство электроэнергии возобновляемыми источниками ветровыми (ВЭС) и солнечными (СЭС) электростанциями составило 32,1 млн кВт·ч (137,89 % к январю 2018 г.) и 22,4 млн кВт·ч (95,48 % к январю 2018 г.) соответственно. Выработка электростанций, являющихся частью технологических комплексов промышленных предприятий и предназначенных в основном для снабжения их электроэнергией (электростанций промышленных предприятий), достигла 5 789,3 млн кВт·ч (104,68 % к январю 2018 г.) [1].



Рис. 3. Выработка электроэнергии ОЭС в январе 2019 г.



Рис. 4. Потребление электроэнергии ОЭС в январе 2019 г.

Выработка электроэнергии в январе 2019 г. увеличилась по сравнению с январем 2018 г. Это связано, в частности, с увеличением установленной мощности электростанций. На диаграмме показана установленная мощность электростанций в январе 2018 г. и в январе 2019 г. (рис. 5).

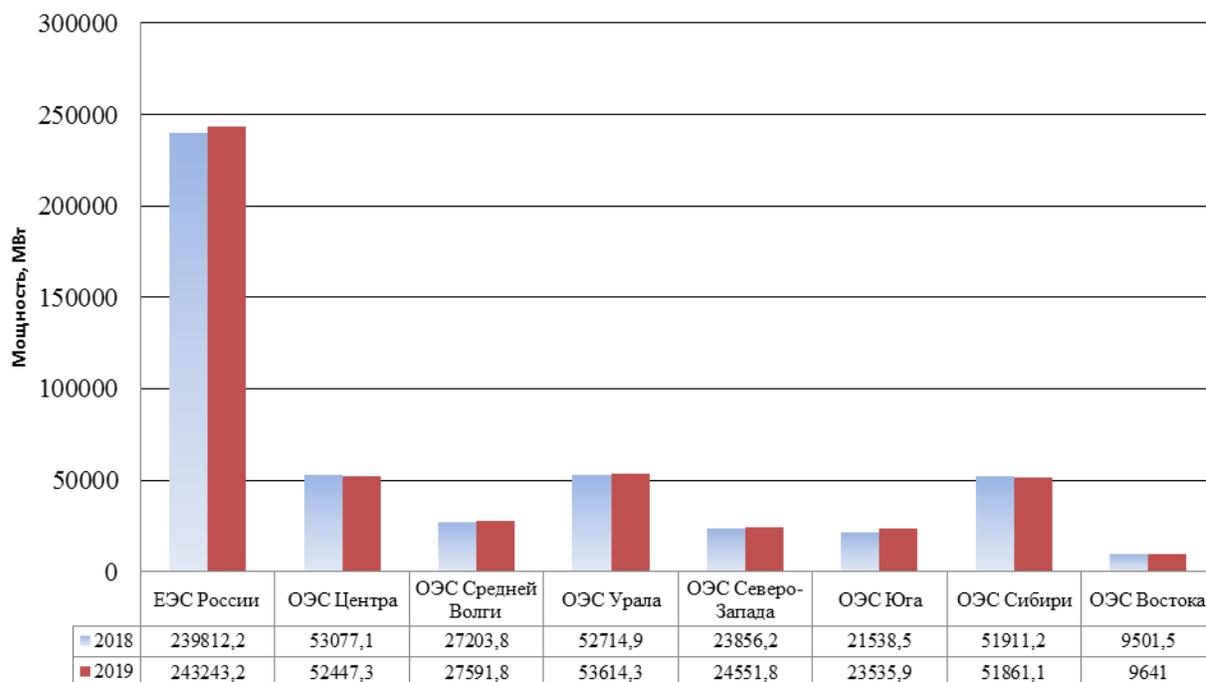


Рис. 5. Установленная мощность электростанций

ПРОИЗВОДСТВО И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

Тверская энергосистема входит в ОЭС Центра. Действующий электроэнергетический комплекс Тверской области образуют [3, 5]:

Калининская АЭС АО «Концерн Росэнергоатом» мощностью 4 000 МВт;

Конаковская ГРЭС ПАО «Энел ОГК-5» мощностью 2 520 МВт;

ООО «Тверская генерация» (Тверские ТЭЦ-1, 3 и 4) суммарной мощностью 275 МВт;

Вышневолоцкая ТЭЦ (ООО «Вышневолоцкая ТГК») мощностью 4 МВт;

Ново-Цнинская ГЭС и Ново-Тверецкая ГЭС ФГУП «Канал имени Москвы» суммарной мощностью 2,62 МВт;

182 линии 110–750 кВ общей протяженностью около 2 034,7 км;

138 трансформаторных подстанций и распределительных устройств напряжением 110–750 кВ с общей мощностью трансформаторов около 10 278,2 МВА.

Сравним производство и потребление электрической энергии в Тверской области в январе 2019 г. с тем же периодом предыдущих лет (таблица).

Производство и потребление электрической энергии в Тверской области в январе, млн кВт·ч (% по отношению к прошлому году) [1]

Год	Выработка	Потребление
2017	2 979,1 (84,3 %)	838,8 (98,6 %)
2018	3 182,8 (106,8 %)	800,4 (95,4 %)
2019	3 237,0 (101,7 %)	808,4 (101,0 %)

Из приведенных данных следует, что производство и потребление электрической энергии по Тверской области в январе 2019 г. увеличилось по сравнению с тем же периодом прошлых лет. Мы можем увидеть также, что производство и потребление электроэнергии сильно отличается, так как большую часть выработанной электроэнергии наш регион передает в ЕЭС России.

ПЛАН МОДЕРНИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ

Из всех представленных выше данных можно сделать вывод, что энергетика нашей страны пусть и медленно, но развивается. Это связано с реализацией «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» (далее – Стратегия), утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р [6]. Главной целью Стратегии является создание инновационного и эффективного энергетического сектора страны, который удовлетворит потребности экономики в энергоресурсах и будет соответствовать внешнеэкономическим интересам России. Стратегическими целями развития электроэнергетики являются:

- обеспечение энергетической безопасности страны и регионов;
- удовлетворение потребностей экономики и населения страны в электрической энергии (мощности) по доступным конкурентоспособным ценам, обеспечивающим окупаемость инвестиций в электроэнергетику;
- обеспечение надежной и безопасной работы системы электроснабжения России в нормальных и чрезвычайных ситуациях;
- инвестиционно-инновационное обновление отрасли.

За период, прошедший с начала реализации Энергетической стратегии России на период до 2020 г., в связи с ускоренным развитием экономики страны спрос на электроэнергию рос более высокими темпами, чем прогнозировалось. В то же время ввод новых мощностей в электроэнергетике существенно отставал от прогноза, предусмотренного указанной стратегией, и не в полной мере удовлетворял потребности растущей экономики. В связи с этим в 2018 г. был принят план развития ЕЭС России на 2018–2024 гг. [4], в соответствии с которым предполагается новые производственные мощности, то есть построить новые электростанции, установить и ввести новые атомные реакторы. Реконструкция ЛЭП и установка новых линий свыше 220 кВ позволит уменьшить потери при передаче электроэнергии. Все эти улучшения в итоге позволят строить в регионах новые производственные мощности, не опасаясь нехватки электроэнергии. Однако это не решает основной проблемы энергетики России, которой является устаревшее оборудование. Оно может в любое время выйти из строя, а замена или модернизация такого количества электрооборудования требует времени и финансовых вложений. Вследствие этого в 2017 г. президент РФ одобрил масштабную программу модернизации энергетики на 1,5 трлн руб. за 10 лет [2]. Это новая программа на основе договоров о предоставлении мощности (ДТМ). По предыдущей программе на основе ДТМ, которая заканчивается к 2021 г., эти договоры гарантировали инвесторам возврат инвестиций в течение десяти лет с доходностью, привязанной к доходности облигаций федерального займа. В обмен инвесторы обязались в определенные сроки построить новые энергоблоки.

В ходе реализации новой программы будет происходить не строительство новых энергоблоков, а модернизация имеющихся. В данном случае под модернизацией понимается замена физически устаревшего оборудования на такое же, произведенное в

последние годы. Данная программа позволит модернизировать около 40 ГВт установленной мощности до 2030 г. и продлит срок службы электрических станций еще на 15–20 лет. Приоритет такой «модернизации» будет отдан ТЭС, поскольку они составляют основной процент производственных мощностей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что несмотря на сложное положение, в котором находится энергетика России, она все же развивается. Об этом свидетельствует тот факт, что потребление энергии в регионах возрастает с каждым годом. Реализация Стратегии позволит ввести новые мощности, обновить оборудование и вывести из эксплуатации морально и физически устаревшее. В результате повысится эффективность и будет обеспечено надежное функционирование энергетической системы России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Единая энергетическая система России. URL: https://www.so-ups.ru/index.php?id=ups_review19 (дата обращения: 23.10.2019).
2. Фадеева А., Дзяко Т. Путин одобрил модернизацию энергетики на 1,5 трлн руб. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5a0ae9349a79470e2ecea831> (дата обращения: 23.10.2019).
3. Филиал АО «СО ЕЭС» Тверское РДУ. URL: http://so-ups.ru/index.php?id=rdu_tver (дата обращения: 23.10.2019).
4. Об утверждении схемы и программы развития единой энергетической системы России на 2018–2024 годы: Приказ Минэнерго России от 28 февраля 2018 г. № 121. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/11323> (дата обращения: 23.10.2019).
5. Тверская энергосистема. URL: <https://тверскаяобласть.рф/ekonomika-regiona/zhilishchno-kommunalnoe-khozyaystvo/raz-ele/?print=y> (дата обращения: 23.10.2019).
6. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 23.10.2019).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

АРАРАТЬЯН Любовь Сергеевна – доцент кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: liuba.araratyan@yandex.ru

КРУПНОВ Андрей Владимирович – старший преподаватель кафедры электроснабжения и электротехники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: AV.Krupnov@yandex.ru

ПРОКОФЬЕВ Александр Владимирович – студент 4-го курса машиностроительного факультета, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: prokofiev9807@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Араратьян Л.С., Крупнов А.В., Прокофьев А.В. Состояние энергетической системы России на 2019 г. Планы модернизации // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 56–64.

STATE OF THE RUSSIAN ENERGY SYSTEM FOR 2019. MODERNIZATION PLAN

L.S. Araratyan, A.V. Krupnov, A.V. Prokofiev
Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The article presents a brief analysis of the state of the Russian energy system at the beginning of 2019. Comparison of indicators of production and consumption of electric power of UES of Russia and the Tver region for January, 2019 with indicators for the similar period of the previous years is made. It is told about plans of modernization of power engineering of Russia.

Keywords: power engineering, power systems, modernization, thermal power plants, hydroelectric power plants, nuclear power plants, wind power plants, solar power plants, power generation, power consumption, power system state.

REFERENCES

1. Unified power system of Russia // System operator of the unified power system. URL: https://www.so-ups.ru/index.php?id=ups_review19 (date of access: 23.10.2019).
2. Fadeev A, Dzyako T. Putin approved modernization of power for 1.5 trillion rub [Electronic resource] // RBCnews, 2017. URL: <https://www.rbc.ru/rbcfreenews/5a0ae9349a79470e2ecea831> (date of access: 23.10.2019).
3. Branch of JSC «SO UPS» Tverskoye RDU // System operator of the unified power system. URL: http://so-ups.ru/index.php?id=rdu_tver (date of access: 23.10.2019).
4. About the approval of the scheme and the program of development of the unified power system of Russia for 2018–2024: order of the Ministry of Energy of the Russian Federation of 28.02.2018 № 121. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/11323> (date of access: 23.10.2019).
5. Tver power system // The government of the Tver region. URL: <https://тверскаяобласть.рф/ekonomika-regiona/zhilishchno-kommunalnoe-khozyaystvo/raz-ele/?print=y> (date of access: 23.10.2019).
6. Energy strategy of Russia for the period up to 2030 [Electronic resource]: order of the Government of the Russian Federation of 13.11.2009 №1715-p. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (date of access: 23.10.2019).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

ARARATYAN Lyubov Sergeevna – the Associate Professor of the Department of Power Supply and Electrical equipment, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: liuba.araratyan@yandex.ru

KRUPNOV Anrey Vladimirovich – senior lecturer of the Department of Power Supply and Electrical equipment, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: AV.Krupnov@yandex.ru

PROKOFIEV Alexander Vladimirovich – 4th year student of Department of Mechanical Engineering, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: prokofiev9807@mail.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Araratyan L.S., Krupnov A.V., Prokofiev A.V. State of the Russian Energy System for 2019. Modernization plan // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2019. No. 4 (4), pp. 56–64.

УДК 624

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ МАСТИЧНАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ
ДЛЯ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Ю.Ю. Курятников
АО ТЖБИ-4 (г. Тверь)

Аннотация. Разработаны состав и технология изготовления энергоэффективной мастичной гидроизоляции для мостовых сооружений, которая используется без защитного слоя и обеспечивает надежную защиту мостовых железобетонных конструкций от атмосферных осадков. При использовании разработанной мастичной гидроизоляции уменьшаются энергозатраты и сокращаются сроки строительства.

Ключевые слова: энергоэффективная мастичная гидроизоляция, уменьшение энергозатрат, сокращение сроков строительства, дорожная одежда, мостовые сооружения.

ВВЕДЕНИЕ

Мостовая конструкция подвержена периодическому воздействию дождевой или талой воды. При некачественной гидроизоляции в местах постоянного стекания воды структура цементного камня постепенно изменяется, снижается прочность бетона, повышается его проницаемость, что является причиной разрушения железобетонной плиты проезжей части моста. Пролетное строение мостов защищают от влаги устройством гидроизоляции [1].

Современный гидроизоляционный материал должен отвечать следующим требованиям: устойчивостью к действию динамических нагрузок, устойчивостью к воздействию низких температур, высокой адгезией к основанию, химической стойкостью к воздействию солей и масел. К числу прогрессивных отечественных материалов, применяемых для изоляции железобетонных пролетных строений, относятся рулонные битумно-полимерные наплавляемые гидроизоляционные материалы: изопласт, изоэласт, мостоласт [2].

В действующих СНиП и типовых проектах железобетонных пролетных строений в качестве дорожной одежды проезжей части предусмотрена многослойная конструкция, включающая в себя выравнивающий бетонный слой, гидроизоляцию, бетонный армированный защитный слой и двухслойное асфальтобетонное покрытие (рис. 1).

Бетонный защитный слой гидроизоляции необходим для возможности пропуска асфальтоукладочной техники при устройстве покрытия. При этом увеличиваются энергозатраты и сроки строительства для устройства защитного слоя. При отсутствии гидроизоляционных материалов необходимого качества в пролетных строениях возникают

многочисленные протечки, приводящие к деструкции бетона, в связи с чем резко сокращаются сроки межремонтных периодов [3].

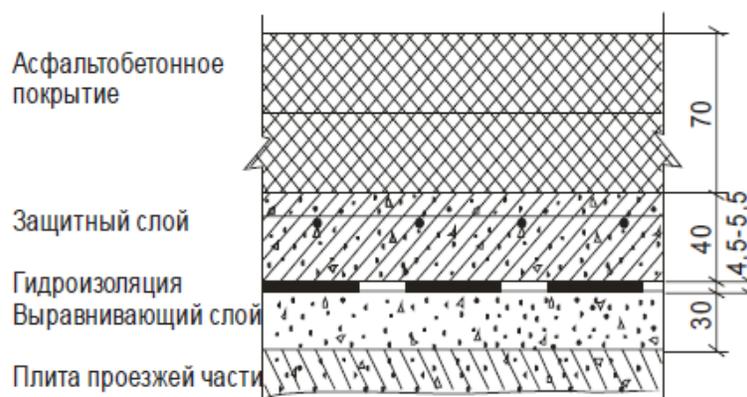


Рис. 1. Конструкция дорожной одежды с бетонным защитным слоем

В составе конструкций дорожных одежд во многих странах мира отсутствует защитный слой, то есть асфальтобетонное покрытие уложено прямо на гидроизоляцию. Современная конструкция дорожной одежды мостового полотна, представленная на рис. 2, исключает защитный слой. Асфальтобетонное покрытие укладывается на гидроизоляцию, обеспечивающую заданные физико-механические характеристики.

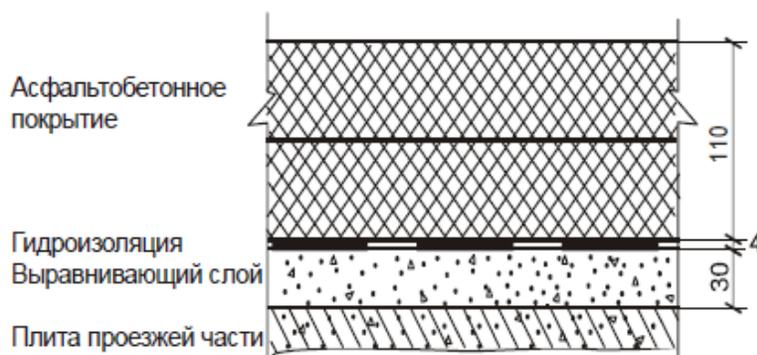


Рис. 2. Современная конструкция дорожной одежды

В России основная гидроизоляция на бетонных и металлических мостах представлена, как правило, наплавленными рулонными материалами, битумно-латексными составами, полиметилметакрилатами или полимочевиной. Предположительно, рулонные материалы занимают не менее 80 % от всего объема по гидроизоляции мостового полотна на строящихся и реконструируемых искусственных сооружениях [4].

Особое значение литые асфальтобетоны приобретают при вытеснении устаревших систем покрытий железобетонных мостов. Разработанная в СССР и иногда применяемая и в настоящее время система покрытия с бетонным защитным слоем гидроизоляции является водопроницаемой и крайне недолговечной. Слои этой системы не имеют надлежащей адгезии между собой, что приводит к возрастанию внутренних напряжений и быстрому (в течение 2–5 лет) разрушению асфальтобетонных покрытий, повреждению изоляции [5].

Вместо защитного слоя из армированного бетона (толщиной 30–60 мм) предлагается устройство защитного слоя гидроизоляции из литого асфальтобетона. При этом все конструктивные элементы мостового покрытия работают как монолит, с высочайшей степенью сцепления между собой. Такие решения в полной мере соответствуют многолетней европейской практике мостовых покрытий.

На пролетном строении гидроизоляция не только выполняет функцию защиты нижележащих конструкций от проникания влаги, но и работает в составе дорожной одежды и потому должна обеспечивать совместную работу ее слоев как ниже, так и выше гидроизоляции. Иными словами, гидроизоляция должна быть прочной, деформативной, обеспечивать сцепление с ниже- и вышерасположенными слоями дорожной одежды, а так как на дорожную одежду действует временная нагрузка, то гидроизолирующий слой должен воспринимать действие этой нагрузки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Разработаны состав и технология изготовления энергоэффективной мастичной гидроизоляции, которая может использоваться в дорожной одежде без защитного слоя, что снижает энергозатраты и сокращает сроки строительства. Мастичная гидроизоляция представляет собой смесь полимерно-битумного вяжущего, минерального порошка из тонкомолотых карбонатных горных пород, песка из отсевов дробления щебня, песка природного и полимерных добавок. Полимерно-битумное вяжущее приготавливают смешением дорожного горячего битума с бутадиев-стирольным каучуком в количестве до 9 % по массе.

Показателем, характеризующим жесткость мастичной гидроизоляции, является величина вдавливания штампа (в миллиметрах). Сущность метода заключается в определении деформации образца под действием приложенной постоянной вертикальной нагрузки, передаваемой на образец через шток (штамп) с плоским основанием определенной площади, за фиксированное время.

Образец-куб извлекают из формы для изготовления и вставляют в зажимную форму испытуемой плоскостью вверх. Плоскость, подвергаемая испытанию на вдавливание, должна быть одной из четырех граней пробы, сформированных боковыми стенками формы в процессе ее изготовления. Испытание проводят только на пробе, зафиксированной в зажимной форме. Усилие, прикладываемое при обжатии образца-куба в форме, должно обеспечивать его надежную фиксацию в зажимной форме, исключая смятие и иные деформации. При этом обязательного полного смыкания фланцев противоположных стяжных скоб не требуется. Опорная плоскость пробы, зафиксированной в зажимной форме, должна выступать на величину не более 1 мм от опорной плоскости формы или совпадать с ней для обеспечения полного соприкосновения кубической пробы с укрепленным основанием водяной бани в процессе испытания. Подготовленный указанным способом образец погружают вместе с зажимной формой в

водяную баню прибора (емкость для термостатирования), где его выдерживают при заданной температуре (20 ± 1) °С в течение 60 мин.

Штамп устанавливают на верхнюю плоскость пробы как можно ближе к ее середине так, чтобы расстояние от боковой поверхности штампа до любой из зажимаемых боковых граней пробы составляло не менее 10 мм. Пробу предварительно подвергают воздействию нагрузки в ($2,5 \pm 0,1$) кг в течение (10 ± 1) мин. Затем производят обнуление индикатора глубины вдавливания штампа и к пробе прикладывают рабочую нагрузку, равную ($52,5 \pm 0,1$) кг. Спустя следующие ($30 \pm 0,5$) мин с момента приложения этой нагрузки со шкалы индикатора снимают показания глубины вдавливания штампа с точностью до 0,01 мм.

Каждый образец должен быть подвергнут не более чем одному испытанию. Испытывают не менее двух образцов-кубов. Допускается использовать для проведения данного теста образцы-кубы, ранее испытанные на водонасыщение.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Технология изготовления мастичной гидроизоляции состоит в следующем. Все материалы поступают в смеситель асфальтобетонной установки, в которой продолжительность перемешивания при температуре 150 °С составляет 1,5 мин. Затем смесь из смесителя подается в кохер, температуру в котором поднимают до 170–180 °С. Время принудительного перемешивания в кохере составляет минимум 1 ч, максимум 48 ч. Во время приготовления мастики температура смеси должна быть не ниже 150 °С и не выше 180 °С.

Технические характеристики разработанной мастичной гидроизоляции приведены в таблице.

Физико-механические свойства мастичной гидроизоляции

Характеристика	Величина
Средняя плотность, г/см ³	2,35
Водонасыщение по объему, %	0,1
Показатель вдавливания штампа при 20 °С, мм	2–10

По техническим характеристикам разработанная мастичная гидроизоляция не уступает зарубежным аналогам.

Для обеспечения сцепления мастичной гидроизоляции с нижним слоем асфальтобетонного покрытия в конструкции дорожной одежды на стальной ортотропной плите поверх мастичного слоя рассыпают черный щебень фракции 5–10 мм с расходом до 3 кг/м². На железобетонной плите поверх слоя мастичной гидроизоляции щебень не рассыпают.

При выполнении конструкции дорожной одежды на железобетонной плите на подготовительную поверхность плиты укладывают стеклосетку выравнивания давления. Сетка предотвращает образование пузырей в мастичном слое от выделяющегося из капилляров в бетоне плиты воздуха вследствие нагрева плиты и выравнивания давления. Ячейки сетки 6x7 мм, толщина нити 0,4 мм. Сетка выдерживает температуру 240 °С.

Поверх нее наносят слой разработанной мастичной гидроизоляции толщиной 20 мм. Сверху мастичного слоя укладывают слой асфальтобетона тип Б марки I. Затем укладывают слой из литого асфальтобетона с приданием верхнему слою шероховатости рассыпкой черного щебня (рис. 3).

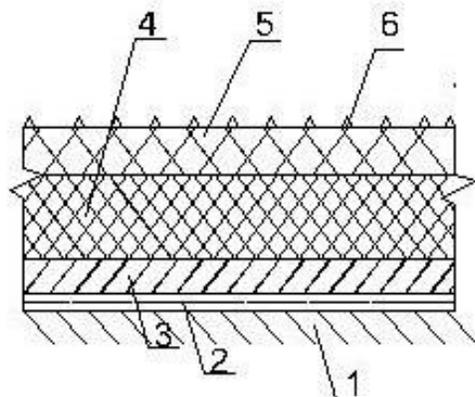


Рис. 3. Конструкция дорожной одежды с мастичным гидроизоляционным материалом: 1 – выравнивающий слой; 2 – сетка выравнивания давления; 3 – мастичная гидроизоляция (20 мм); 4 – асфальтобетон тип Б марка I; 5 – литой асфальтобетон (40 мм); 6 – черный щебень

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны состав и технология изготовления энергоэффективной мастичной гидроизоляции для мостовых сооружений, которая используется без защитного слоя и обеспечивает надежную защиту мостовых железобетонных конструкций от атмосферных осадков. При ее использовании уменьшаются энергозатраты и сокращаются сроки строительства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахарова И.Д., Казарян В.Ю. Гидроизоляционные системы для мостовых сооружений // *Стройпрофиль*. 2001. № 8 (13). С. 44–45.
2. Макаров А.В., Шатлаев С.В., Гулуев Г.Г. Гидроизоляция железобетонных мостов – основная защита конструкций от коррозии // *Инженерный вестник Дона*. 2017. № 2. С. 133–142.
3. Сахарова И.Д. Современные решения конструкции мостового полотна автодорожных мостовых сооружений // *Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. 2010. № 33. С. 240–244.
4. Покровский А.В. Краткий обзор опыта применения литых полимерасфальтобетонов на искусственных сооружениях в северо-западном регионе РФ // *Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ»*. 2014. № 5 (24).
5. Покровский А.В. Литые асфальтобетоны. Особенности применения // *Автомобильные дороги*. 2013. № 7. С. 86–89.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

КУРЯТНИКОВ Юрий Юрьевич – кандидат технических наук, доцент, руководитель службы качества АО ТЖБИ – 4, 170017, г. Тверь, ул. Коняевская, д. 1. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Курятников Ю.Ю. Энергоэффективная мастичная гидроизоляция для мостовых сооружений // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 64–70.

ENERGY EFFICIENT MASTIC WATERPROOFING FOR BRIDGE STRUCTURES

Y.Y. Kuryatnikov

Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The composition and manufacturing technology of energy-efficient mastic waterproofing for bridge structures, which is used without a protective layer and provides reliable protection of reinforced concrete bridge structures from atmospheric precipitation, has been developed. Using the developed mastic waterproofing reduces energy consumption and reduces construction time.

Keywords: energy-efficient mastic waterproofing, reducing energy consumption, reducing construction time, road clothing, bridge structures.

REFERENCES

1. Saharova I.D., Kazaryan V.Y. Waterproofing systems for bridge structures. *Strojprofil'*. 2001. No. 8 (13), pp. 44–45. (In Russian).
2. Makarov A.V., Shatlaev S.V., Guluyev G.G. Waterproofing of reinforced concrete bridges – the main protection of structures against corrosion. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2017. No. 2, pp. 133–142. (In Russian).
3. Sakharova I.D. Modern solutions for the construction of the bridge of the road bridge structures. *Vestnik Dnepropetrovskogo nacional'nogo universiteta zheleznodorozhnogo transporta*. 2010. No. 33, pp. 240–244. (In Russian).
4. Pokrovsky A.V. A brief review of the experience of using cast polymeric asphalt concrete on artificial structures in the northwestern region of the Russian Federation. *Internet-journal «NAUKOVEDENIE»*. 2014. No. 5 (24). (In Russian).
5. Pokrovsky A.V. Cast asphalt concrete. Application features. *Avtomobil'nye dorogi*. 2013. No. 7, pp. 86–89.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

KURYATNIKOV Yuri Yuryevich – Candidate of Technical Sciences, the Associate Professor, Quality Manager of the Tver Reinforced Concrete Products and Pipes Plant, 1 Konyaevskaya, Tver, 170017, Russia. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Kuryatnikov Y.Y. Energy efficient mastic waterproofing for bridge structures // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2019. No. 4 (4), pp. 64–70.

УДК 517.2/3

О ДВУХ ВИДАХ СИММЕТРИИ ФУНКЦИИ ПЛОТНОСТИ

Ал.Ан. Шум¹, А.М. Ветошкин², Ан.Ал. Шум¹

¹Тверской государственной технической университет (г. Тверь)

²Мытищинский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Мытищи, Московская область)

Аннотация. Статья представляет собой обзор результатов, полученных в серии работ о двух видах симметрии функции плотности. Понятия c -симметрии и s -симметрии функции плотности рассматривались как для случая плоскости, так и для случая пространства. В первом случае изучалась симметрия функции двух переменных, во втором – симметрия функции трех переменных. Один из главных результатов состоит в том, что в каждом из этих случаев понятия c - и s -симметрии не совпадают.

Ключевые слова: симметрия, c -симметрия, s -симметрия, центр симметрии, функция двух переменных, пластина, полярные координаты, функция трех переменных, шар, сферические координаты, функция плотности, центр масс, электрическая машина.

ВВЕДЕНИЕ

Распределение массы внутри той или иной детали очевидным образом влияет на динамические характеристики этой детали и может иметь значение при выборе технологии ее обработки. Изготовление вращающихся частей электрических машин является трудоемким и сложным процессом. От качества исполнения ротора электрической машины зависят длительность безаварийной работы, дополнительные потери электроэнергии. Распределение масс очень важно при балансировке роторов, особенно мощных электрических машин.

Поскольку распределение массы определяет соответствующая функция плотности, можно оценить значимость сведений о тех или иных конкретных свойствах этой функции. В статьях [1–9] последовательно описаны два вида симметрии функции плотности: c - и s -симметрия. При этом в работах [1–7] рассматривались плоские детали (пластины [3]), распределение массы внутри которых определяют функции двух переменных. В работах [8, 9] те же вопросы симметрии изучались уже для функций трех переменных. Настоящая статья представляет обзор этих девяти работ, предлагая главные их результаты без доказательства.

1. C- И S-СИММЕТРИЯ

ФУНКЦИИ ДВУХ ПЕРЕМЕННЫХ, ОПРЕДЕЛЕННОЙ В КРУГЕ

Началом исследований в данном направлении послужила работа [1], в которой понятия *c*-симметрии и *s*-симметрии были введены для функций двух переменных, определенных в круге радиуса R с центром в начале координат. Поводом для этого явилась следующая задача:

Каким условиям должна удовлетворять функция, которая определяет плотность материала плоской пластины, имеющей форму круга, чтобы всякий диаметр этой пластины делил ее на две части одинаковой массы?

Очевидно, что функция, о которой спрашивается в задаче, должна быть в каком-то смысле симметричной, но в каком именно смысле? Как известно из [10, 11], масса пластины равна двойному интегралу от функции плотности, поэтому представленная в полярных координатах функция $f(\varphi, \rho)$, о которой говорится в задаче, должна обладать следующим свойством:

$$(s) \quad \text{при любом разбиении исходного круга } S \text{ на два полукруга } S_1 \text{ и } S_2 \\ \text{выполняется равенство } \iint_{S_1} f(\varphi, \rho) \rho d\rho d\varphi = \iint_{S_2} f(\varphi, \rho) \rho d\rho d\varphi.$$

Может быть, такая круглая пластина должна иметь центр масс в своем центре?

Из хорошо известных формул для вычисления координат центра масс плоской пластины [10, 11] вытекают следующие условия, необходимые и достаточные для того, чтобы рассматриваемая пластина формы круга имела центр масс в центре этого круга:

$$(c) \quad \begin{cases} \iint_S \rho \cos \phi f(\phi, \rho) \rho d\rho d\phi = 0, \\ \iint_S \rho \sin \phi f(\phi, \rho) \rho d\rho d\phi = 0. \end{cases}$$

Разумеется, функция, определяющая плотность, должна быть положительна. Однако предлагается, абстрагируясь от условий исходной задачи, рассматривать произвольную функцию $f(\varphi, \rho)$, определенную в круге радиуса R с центром в начале координат. Об этой функции (чтобы она была однозначной) предполагается, что она имеет период 2π , то есть $f(\varphi, \rho) = f(\varphi + 2\pi, \rho)$ для любого φ и любого $\rho \in [0; R]$. Если изначально такая функция определена только для значений аргумента φ из некоторого промежутка длиной 2π , то предполагается, что она автоматически продолжается до периодической с периодом 2π . Ключевыми являются следующие определения из статьи [1]:

1. Функция $f(\varphi, \rho)$ называется *s*-симметричной, если она обладает свойством (s), и *c*-симметричной, если она удовлетворяет условиям (c).

Основной результат статьи [1] состоит в том, что указанные два вида симметрии различны. Это устанавливают доказанные в [1] леммы 1.1 и 1.2, которые приводятся ниже.

2. Функция $f(\varphi, \rho)$ называется k -симметричной, если имеется постоянный коэффициент k , такой, что $\iint_{C\alpha} f(\varphi, \rho) \rho d\rho d\varphi = k\alpha$ для любого угла $\alpha \in [0; 2\pi]$.

Легко видеть, что для k -симметричной функции двойной интеграл по любому сектору с углом α будет пропорционален углу α , поэтому всякая k -симметричная функция является также и s -симметричной.

Лемма 1.1. Функция $f_1(\varphi, \rho) = \frac{12}{4 \sin \frac{\varphi}{2} + 1} \left(\rho \sin \frac{\varphi}{2} + \rho - \rho^2 \right)$, где $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ и

$0 \leq \rho \leq 1$, в круге радиуса $R = 1$ является k -симметричной, но не является s -симметричной.

Эта лемма доставляет пример функции, которая в круге радиуса $R = 1$ является s -симметричной, но не является c -симметричной. Отметим, что эта функция является в рассматриваемом круге также непрерывной и неотрицательной.

Лемма 1.2. Функция $f_2(\varphi, \rho) = \begin{cases} \rho \sin \varphi & \text{при } 0 \leq \varphi \leq \pi \\ -2\rho^5 \sin \varphi & \text{при } \pi \leq \varphi \leq 2\pi \end{cases}$ в круге радиуса $R = 1$

является c -симметричной, но не является s -симметричной.

Отметим, что функция $f_2(\varphi, \rho)$, которая c -симметрична, но не s -симметрична, является в рассматриваемом круге также непрерывной и неотрицательной.

Следующая лемма, доказанная в [1], определяет критерии k -симметричности и s -симметричности функции $f(\varphi, \rho)$.

Лемма 1.3. Пусть функция $f(\varphi, \rho)$ непрерывна в круге радиуса R и $F(\varphi) = \int_0^R f(\varphi, \rho) \rho d\rho$, тогда:

а) функция $f(\varphi, \rho)$ является k -симметричной тогда и только тогда, когда функция $F(\varphi)$ является постоянной;

б) функция $f(\varphi, \rho)$ является s -симметричной тогда и только тогда, когда функция $F(\varphi)$ является периодической с периодом π .

При помощи данного критерия в работе [2] формулируется следующее утверждение о функции $f_1(\varphi, \rho)$ из леммы 1.1:

Лемма 1.4. Функция $f_1(\varphi, \rho)$ в круге радиуса R является s -симметричной в том и только том случае, когда $R = 1$.

Эта лемма показывает, что s -симметрия функции $f(\varphi, \rho)$ существенно зависит от области ее определения (это же можно сказать и о c -симметрии).

Функция $f(\varphi, \rho)$ называется *центрально-симметричной*, если она симметрична относительно начала координат, то есть если она имеет период π . При помощи критерия из леммы 1.3 в работе [2] устанавливается следующее условие s -симметрии функции $f(\varphi, \rho)$ в круге любого радиуса:

Лемма 1.5. *Непрерывная функция $f(\varphi, \rho)$ s -симметрична в круге любого радиуса $R > 0$ тогда и только тогда, когда она центрально-симметрична.*

2. C- И S-СИММЕТРИЯ ПЛОСКОЙ ПЛАСТИНЫ

В предыдущем разделе рассматривались функции двух переменных, определенные в круге. Между тем, можно не ограничивать область определения только кругом, но рассматривать функции двух переменных, определенные в достаточно произвольной области плоскости. Так делается в работе [3], однако при этом оказывается удобно использовать прямоугольные координаты, а рассматриваемые функции предполагать неотрицательными.

В работе [3] рассматривается плоскость с заданной на ней прямоугольной декартовой системой координат. Под *областью* понимается область этой плоскости, ограниченная замкнутой линией без самопересечений (граница области считается частью области, то есть область считается *замкнутой*). Область S_1 называется *подобластью* области S , если $S_1 \subseteq S$. Область S вместе с определенной в этой области непрерывной неотрицательной функцией двух переменных $f(x, y)$ называется *пластиной D* , при этом функция $f(x, y)$ является *плотностью* пластины D . Подобласть области S вместе с соответствующим ограничением функции $f(x, y)$ называется *подпластиной* пластины D . *Массой* пластины D называется $m(D) = \iint_S f(x, y) dx dy$. Хотя функция $f(x, y)$ в некоторых

точках области S может быть равной нулю, но для любой пластины D предполагается выполненным обязательное дополнительное условие: масса самой пластины D , а также масса всякой ее подпластины должны быть больше нуля.

Точка (x_c, y_c) с координатами, вычисленными по формулам:

$$\begin{cases} x_c = \frac{1}{m(D)} \iint_S x f(x, y) dx dy \\ y_c = \frac{1}{m(D)} \iint_S y f(x, y) dx dy \end{cases},$$

в соответствии с общепринятыми определениями [10, 11] представляет собой *центр масс* пластины D . Центр масс пластины D называется также *центром s -симметрии* функции $f(x, y)$ в области S (s -симметрия функции $f(x, y)$ в круге означает, что ее центр s -симметрии находится в центре круга). Заметим, что пластина, поставленная на острие иглы, будет сохранять равновесие в том и только том случае, если острие иглы направлено в центр масс этой пластины.

Частью области S называется одна или несколько ее подобластей. *Частью пластины D* называется одна или несколько ее подпластин. Если часть G пластины D состоит из нескольких подпластин, то ее массу $m(G)$ считаем равной сумме масс этих подпластин. Точка плоскости называется *центром полумасс* пластины D , если любая прямая, проведенная через эту точку, делит пластину D на две части одинаковой массы. Центр полумасс пластины D называется также *центром s -симметрии* функции $f(x, y)$ в области S (s -симметрия функции $f(x, y)$ в круге означает, что ее центр s -симметрии находится в центре круга).

Прямая линия называется *линией равновесия* пластины D , если она делит область S пластины D на две части (S_1 и S_2) так, что
$$\iint_{S_1} r(x, y) f(x, y) dx dy = \iint_{S_2} r(x, y) f(x, y) dx dy$$
, где $r(x, y)$ – расстояние от точки (x, y) до данной прямой.

Заметим, что прямая является линией равновесия пластины в том и только том случае, когда эта пластина, положенная на лезвие бритвы вдоль данной прямой, будет сохранять равновесие.

Прямая линия называется *линией полумасс* пластины D , если она делит эту пластину на две части одинаковой массы.

В работе [3] доказаны следующие леммы и теоремы:

Лемма 2.1. *Существует единственная линия равновесия пластины D , параллельная данной прямой.*

Лемма 2.2. *Существует единственная линия полумасс пластины D , параллельная данной прямой.*

Теорема 2.1. *Все линии равновесия пластины D пересекаются в одной точке, и эта точка является центром масс пластины D .*

Теорема 2.2. *Если все линии полумасс пластины D пересекаются в одной точке, то эта точка является центром полумасс пластины D .*

В пояснениях к теореме 2.2 в статье [3] описан пример пластины, у которой линии полумасс не пересекаются в одной точке. В этом случае центра полумасс не существует.

В работе [4] предлагается рассматривать функции двух переменных, определенные в выпуклой области плоскости: точки области, не лежащие на ее границе, объявляются *внутренними* точками этой области и область объявляется *выпуклой*, если всякая прямая, проведенная через любую внутреннюю точку этой области, пересекает ее границу ровно в двух точках. Рассматриваются непрерывные функции двух переменных, определенные в некоторой выпуклой области, и в записи этих функций вновь используются полярные координаты. Следующая лемма, доказанная в [4], представляет собой обобщение леммы 1.3(б):

Лемма 2.3. Пусть начало координат полярной системы является внутренней точкой некоторой выпуклой области D и $r(\varphi)$ – расстояние от начала координат до границы области вдоль луча, определяемого углом φ . Тогда функция $f(\varphi, \rho)$, определенная в области D , имеет центр s -симметрии в начале координат в том и только том случае, если функция $F(\varphi) = \int_0^{r(\varphi)} f(\varphi, \rho) \rho d\rho$ является периодической с периодом π .

Отметим, что для выполнения этой леммы не требуется предположение о неотрицательности рассматриваемой функции двух переменных.

В статье [4] доказаны две теоремы, показывающие возможность размещения каждого из двух центров симметрии в любой заранее заданной точке подходящим выбором функции плотности:

Теорема 2.3. Для любой внутренней точки выпуклой области D можно определить в области D такую функцию $f(\varphi, \rho)$, центр s -симметрии которой будет находиться именно в этой точке.

Теорема 2.4. Для любой внутренней точки выпуклой области D можно определить в области D такую функцию $f(\varphi, \rho)$, центр s -симметрии которой будет находиться именно в этой точке.

При этом для доказательства теоремы 2.3 достаточно взять $f(\varphi, \rho) = \frac{\rho}{[r(\varphi)]^3}$,

а для доказательства теоремы 2.4 достаточно взять $f(\varphi, \rho) = \frac{\rho}{[r(\varphi)]^4}$, где $r(\varphi)$ – расстояние от начала координат до границы области D вдоль луча, определяемого углом φ .

3. СИММЕТРИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ ПЛОСКОЙ ПЛАСТИНЫ

В работе [5] было введено понятие симметрической линии следующим образом. Рассматривается некоторая пластина D и прямая, проведенная под углом α к оси OX . В силу леммы 2.2 имеется единственная линия полумасс пластины D , параллельная данной прямой. Пусть это будет прямая L_1 (рис. 1).

Рассматривается прямая, перпендикулярная прямой L_1 . В силу той же леммы имеется единственная линия полумасс пластины D , параллельная этой прямой. Пусть это будет прямая L_2 . Точка T пересечения прямых L_1 и L_2 представляет собой *относительный центр полумасс пластины D для угла α* (или *относительный центр s -симметрии функции $f(x, y)$ в области S для угла α*). Выясним, что собой представляет множество всех относительных центров полумасс пластины D .

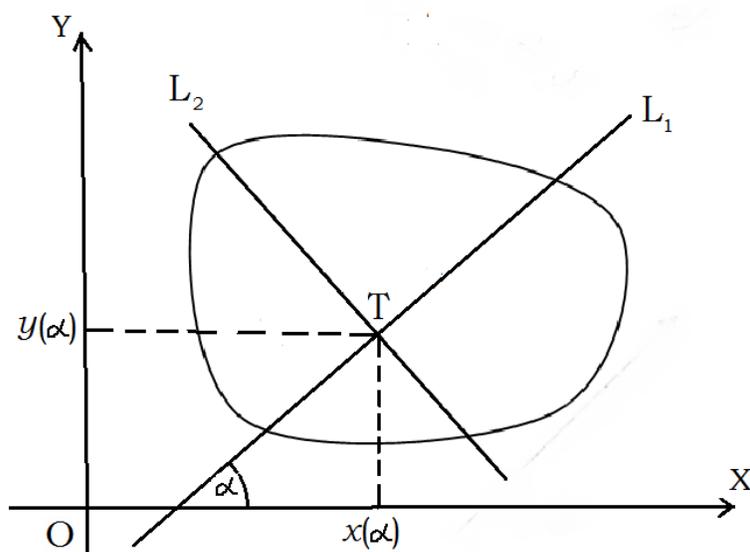


Рис. 1. Пластина D и ее относительный центр полумасс

Координаты $x(\alpha)$ и $y(\alpha)$ точки T (относительного центра полумасс пластины D для угла α) однозначно определяются углом α . Легко понять, что функции $x(\alpha)$ и $y(\alpha)$ угла α должны иметь период $\frac{\pi}{2}$ (при повороте на этот угол линии полумасс просто меняются местами). Поскольку функция $f(x, y)$ предполагается непрерывной в области S , функции $x(\alpha)$ и $y(\alpha)$ также будут непрерывны. Таким образом, множество всех относительных центров полумасс пластины D представляет собой линию, имеющую следующие параметрические уравнения:

$$\begin{cases} x = x(\alpha) \\ y = y(\alpha) \end{cases},$$

где параметр α меняется в пределах от 0 до $\frac{\pi}{2}$.

Эта линия (которую образуют все относительные центры полумасс пластины D) и объявляется *симметрической линией пластины D* . Иначе ее можно называть *симметрической линией функции $f(x, y)$ в области S* . Конкретный вид симметрической линии пластины D определенно свидетельствует о характере распределения массы внутри этой пластины. Так, случай, когда симметрическая линия вырождается в одну точку, возможен только при наличии центра полумасс пластины D (в этом случае все относительные центры полумасс пластины D совпадают).

В статьях [6] и [7] представлен конкретный пример симметрической линии – симметрическая линия правильного однородного треугольника. В этих работах рассматривается пластина, представляющая собой правильный треугольник постоянной

плотности со стороны, равной двум единицам (это не нарушает общности рассматриваемой задачи, поскольку изменение длины стороны треугольника очевидным образом влечет за собой пропорциональное изменение всех остальных размеров). Начало прямоугольной декартовой системы координат располагается в центре треугольника (в точке пересечения его медиан), ось OX направлена вправо параллельно нижнему основанию, а ось OY – вверх, через верхнюю вершину.

Функции $\chi(\alpha)$ и $\gamma(\alpha)$ определяются следующим образом:

$$\chi(\alpha) = \sqrt{\sqrt{3} \cdot \operatorname{tg} \alpha + 1} \cdot \cos^2 \alpha - \sqrt{\sqrt{3} \cdot \operatorname{ctg} \alpha + 1} \cdot \sin^2 \alpha - \cos 2\alpha;$$

$$\gamma(\alpha) = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\sqrt{3} \cdot \operatorname{tg} \alpha + 1} + \sqrt{\sqrt{3} \cdot \operatorname{ctg} \alpha + 1} - 2 \right) \sin 2\alpha - \frac{\sqrt{3}}{3}.$$

Параметрические уравнения симметрической линии рассматриваемого треугольника могут быть записаны так:

$$\text{если } 0 \leq \alpha \leq \frac{\pi}{6}, \text{ то } \begin{cases} x = -\frac{1}{2} \left(\chi\left(\alpha + \frac{\pi}{6}\right) - \gamma\left(\alpha + \frac{\pi}{6}\right) \sqrt{3} \right); \\ y = -\frac{1}{2} \left(\chi\left(\alpha + \frac{\pi}{6}\right) \sqrt{3} + \gamma\left(\alpha + \frac{\pi}{6}\right) \right); \end{cases}$$

$$\text{если } \frac{\pi}{6} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{3}, \text{ то } \begin{cases} x = \chi(\alpha); \\ y = \gamma(\alpha); \end{cases}$$

$$\text{если } \frac{\pi}{3} \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2}, \text{ то } \begin{cases} x = -\frac{1}{2} \left(\chi\left(\alpha - \frac{\pi}{6}\right) + \gamma\left(\alpha - \frac{\pi}{6}\right) \sqrt{3} \right); \\ y = \frac{1}{2} \left(\chi\left(\alpha - \frac{\pi}{6}\right) \sqrt{3} - \gamma\left(\alpha - \frac{\pi}{6}\right) \right). \end{cases}$$

Выполнив соответствующие вычисления (проверив точки стыков), можно убедиться в том, что линия, определяемая данными параметрическими уравнениями, является непрерывной, замкнутой и гладкой. Вид этой линии показан на рис. 2.

Данная линия симметрична относительно оси OY и переходит в себя при повороте на 120° (в любую сторону) вокруг начала координат. Значению параметра $\alpha = 0$ соответствует точка A , значению параметра $\alpha = \frac{\pi}{6}$ – точка B , значению параметра $\alpha = \frac{\pi}{3}$ –

точка C , а при значении параметра $\alpha = \frac{\pi}{2}$ вновь получается точка A . При этом в точках A ,

B и C достигается наименьшее расстояние от линии до начала координат, равное $\frac{3\sqrt{2} - 4}{2\sqrt{3}}$.

Подобное наибольшее расстояние достигается в точках, соответствующих значениям параметра $\alpha = \frac{\pi}{12}$, $\alpha = \frac{\pi}{4}$, $\alpha = \frac{5\pi}{12}$, и оно равно $\frac{3\sqrt{\sqrt{3}+1} - \sqrt{3} - 3}{3}$ (значению параметра

$\alpha = \frac{\pi}{4}$ соответствует верхней точка пересечения линии с осью OY). Касательные, проведенные к рассматриваемой линии в точках A , B и C , составят правильный треугольник, в который и окажется вписанной данная линия (так, как это показано на рис. 3).

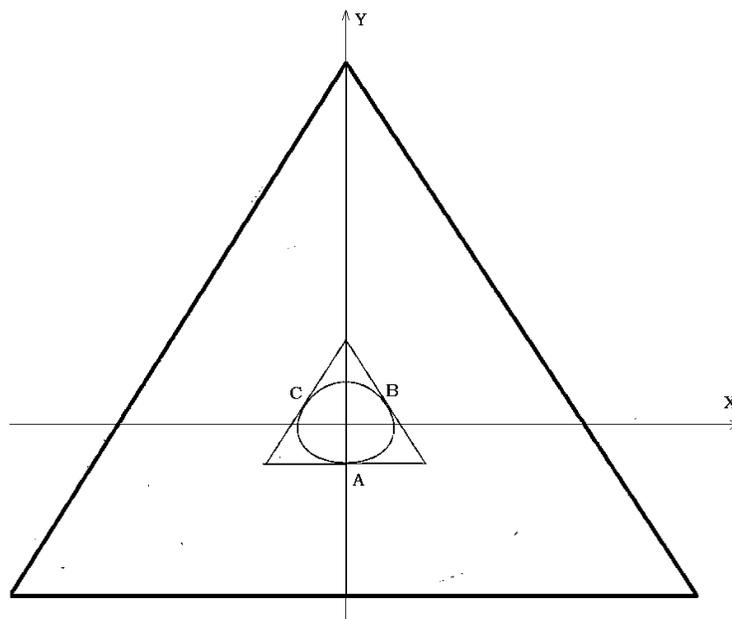


Рис. 2. Симметрическая линия правильного однородного треугольника

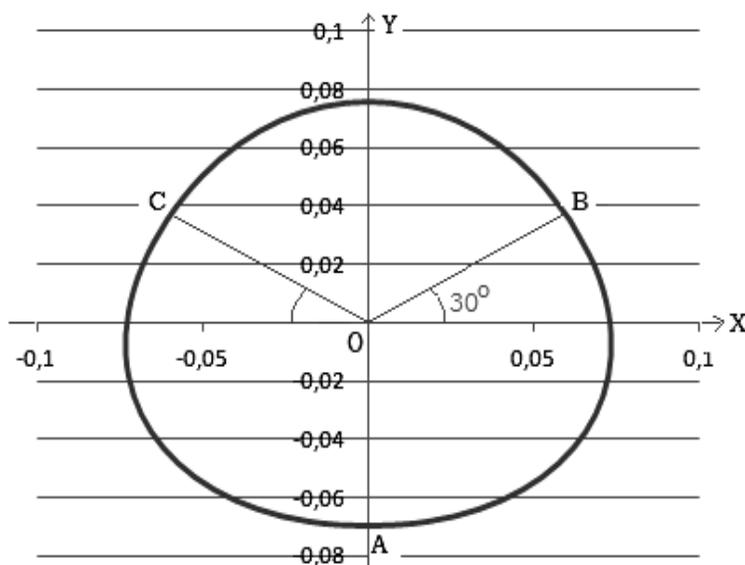


Рис. 3. Правильный однородный треугольник и его симметрическая линия

Расстояние от центра описанного вокруг симметрической линии треугольника до его основания равно $OA = \frac{3\sqrt{2}-4}{2\sqrt{3}}$. Подобное расстояние для исходного (большого) треугольника равно $\frac{\sqrt{3}}{3}$ (это треть его медианы). Таким образом, коэффициент подобия этих правильных треугольников составляет $k = 3\sqrt{2} + 4 \approx 8,24$.

4. С- И S-СИММЕТРИЯ ФУНКЦИИ ТРЕХ ПЕРЕМЕННЫХ

В работах [1, 2] и первом разделе данной статьи рассматривались функции двух переменных, определенные в круге радиуса R , и обсуждались c -симметрия и s -симметрия таких функций. В статье [8] эти понятия и некоторые утверждения о них из [1] переносятся на случай функций трех переменных, определенных в шаре радиуса R . В частности, устанавливается, что c - и s -симметрия для функций трех переменных (так же, как и для функций двух переменных) представляют собой два разных вида симметрии.

Исходным поводом для введения понятия s -симметрии функции трех переменных может служить следующая задача (подобная рассмотренной выше для случая функции двух переменных):

Каким условиям должна удовлетворять функция, определяющая плотность материала, заполняющего шар радиусом R , чтобы всякая плоскость, проведенная через центр этого шара, делила его на две части одинаковой массы?

Удобно использовать сферические координаты и считать, что область определения функции плотности $f(\rho, \varphi, \theta)$ есть шар с центром в начале координат. Как известно [10, 11], масса тела равна тройному интегралу от функции плотности, поэтому эта функция должна обладать следующим свойством:

$$(s) \quad \text{при любом разбиении исходного шара } B \text{ на два полушара, } B_1 \text{ и } B_2, \\ \text{выполняется равенство } \iiint_{B_1} f(\rho, \varphi, \theta) \rho^2 \sin \theta d\rho d\varphi d\theta = \iiint_{B_2} f(\rho, \varphi, \theta) \rho^2 \sin \theta d\rho d\varphi d\theta.$$

С другой стороны, хорошо известны формулы для вычисления координат центра масс тела [10, 11]. Из них вытекают следующие условия, необходимые и достаточные для того, чтобы рассматриваемый шар имел центр масс в своем центре:

$$(c) \quad \begin{cases} \iiint_B f(\rho, \varphi, \theta) \rho^3 \sin^2 \theta \cos \varphi d\rho d\varphi d\theta = 0, \\ \iiint_B f(\rho, \varphi, \theta) \rho^3 \sin^2 \theta \sin \varphi d\rho d\varphi d\theta = 0, \\ \iiint_B f(\rho, \varphi, \theta) \rho^3 \sin \theta \cos \theta d\rho d\varphi d\theta = 0. \end{cases}$$

Хотя функция, определяющая плотность, должна быть положительна, но, абстрагируясь от условий исходной задачи, можно рассматривать произвольную функцию $f(\rho, \varphi, \theta)$, определенную в шаре радиусом R с центром в начале координат. Переменные ρ и θ предполагаются меняющимися в следующих пределах: $0 \leq \rho \leq R$, $0 \leq \theta \leq \pi$. Переменная φ допускается произвольной, но предполагается, что по этой переменной функция $f(\rho, \varphi, \theta)$ имеет период 2π , то есть $f(\rho, \varphi, \theta) = f(\rho, \varphi + 2\pi, \theta)$ для любого φ и любых $\rho \in [0; R]$ и $\theta \in [0; \pi]$. Если изначально такая функция определена только для значений аргумента φ из некоторого промежутка длиной 2π , то предполагается, что она автоматически продолжается до периодической (по переменной φ) с периодом 2π .

Функция $f(\rho, \varphi, \theta)$ называется *s-симметричной*, если она обладает свойством (s), и *c-симметричной*, если она удовлетворяет условиям (c).

Так же, как и в случае с функцией двух переменных, эти два вида симметрии не совпадают. Это устанавливают доказанные в [8] следующие две леммы:

Лемма 4.1. Функция $f_1(\rho, \varphi, \theta) = \frac{20}{5 \sin \frac{\varphi}{2} + 1} \left(\rho \sin \frac{\varphi}{2} + \rho - \rho^2 \right)$, где $0 \leq \varphi \leq 2\pi$ и

$0 \leq \rho \leq 1$, в шаре радиусом $R = 1$ является *s-симметричной*, но не является *c-симметричной*.

Лемма 4.2. Функция $f_2(\rho, \varphi, \theta) = \begin{cases} \rho \sin \varphi & \text{при } 0 \leq \varphi \leq \pi \\ -2\rho^6 \sin \varphi & \text{при } \pi \leq \varphi \leq 2\pi \end{cases}$ в шаре радиусом $R =$

$= 1$ является *c-симметричной*, но не является *s-симметричной*.

Отметим, что обе функции, $f_1(\rho, \varphi, \theta)$ и $f_2(\rho, \varphi, \theta)$, являются в рассматриваемом шаре радиусом $R = 1$ также непрерывными и неотрицательными.

В заключительной работе [9] рассматривается вопрос о переносе на случай функции трех переменных критерия *s-симметрии*, установленного в [1] для функции двух переменных. Функция углов сферической системы координат $F(\varphi, \theta)$ названа *центросимметричной*, если равенство $F(\varphi, \theta) = F(\varphi - \pi, \pi - \theta)$ выполняется при любых значениях φ и любом $\theta \in [0; \pi]$. Следующая лемма, установленная в [9], представляет собой достаточный критерий *s-симметрии* функции трех переменных.

Лемма 4.3. Пусть функция $f(\rho, \varphi, \theta)$ является непрерывной в шаре радиусом R и

функция $F(\varphi, \theta) = \int_0^R f(\rho, \varphi, \theta) \rho^2 d\rho$ центросимметрична. Тогда функция $f(\rho, \varphi, \theta)$

является *s-симметричной* в шаре радиусом R .

В заключительной части статьи [9] показано, как использовать этот критерий для доказательства s -симметрии функции $f_1(\rho, \varphi, \theta)$ из леммы 4.1 в шаре радиусом $R = 1$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работах [1–9] было предпринято последовательное изучение двух видов симметрии функции плотности – c -симметрии и s -симметрии. При рассмотрении функций двух переменных (статьи [1–7]) речь шла о симметрии плоских деталей (пластин), а при рассмотрении функций трех переменных (статьи [8, 9]) – о симметрии объемных деталей. Можно заметить, что рассмотренные плоские детали были разнообразнее по своей форме по сравнению с объемными, которые могли иметь пока только форму шара. Это обстоятельство, как и некоторые другие, позволяет предположить, что исследования могут быть продолжены. Их результаты могут иметь практическое значение для различных отраслей машиностроения, включая электромашиностроение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шум Ал.Ан. О симметрии функций, определенных в круге // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2014. Вып. 25. С. 3–8.
2. Шум Ал.Ан. Замечание об s -симметричных функциях // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2015. Вып. 27. С. 3–6.
3. Шум Ал.Ан. О центрах симметрии функции двух переменных // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2016. Вып. 30. С. 19–23.
4. Шум Ал.Ан. О центрах симметрии функции, определенной в выпуклой области плоскости // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2017. Вып. 31. С. 19–22.
5. Шум Ал.Ан. Симметрическая линия функции двух переменных // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2017. Вып. 32. С. 103–105.
6. Шум Ал.Ан., Ветошкин А.М., Шум Ан.Ал. Симметрическая линия правильного однородного треугольника // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2018. Вып. 34. С. 47–53.
7. Шум Ал.Ан., Ветошкин А.М., Шум Ан.Ал. Параметрические уравнения симметрической линии правильного однородного треугольника // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2018. Вып. 34. С. 44–47.
8. Шум Ал.Ан., Ветошкин А.М., Шум Ан.Ал. Замечание о симметрии функций, определенных в шаре // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2019. № 3. С. 38–47.
9. Шум Ал.Ан., Ветошкин А.М., Шум Ан.Ал. Об одном критерии s -симметрии функции трех переменных // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2019. № 4. С. 30–35.
10. Письменный Д.Т. Конспект лекций по высшей математике (полный курс). М.: АЙРИС ПРЕСС, 2007. 604 с.
11. Фихтенгольц Г.М. Курс дифференциального и интегрального исчисления. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. Т. 3. 662 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ШУМ Александр Анатольевич – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры высшей математики, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: shum@tstu.tver.ru

ВЕТОШКИН Александр Михайлович – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной математики, информатики и вычислительной техники, Мытищинский филиала Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана, 141005, Московская область, г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1.

ШУМ Анатолий Александрович – студент факультета информационных технологий, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: vetkin@mgul.ac.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Шум Ал.Ан., Ветошкин А.М., Шум Ан.Ал. О двух видах симметрии функции плотности // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 70–83.

ON TWO TYPES OF SYMMETRY OF THE DENSITY FUNCTION

Al.An. Shum¹, A.M. Vetoshkin², An.Al. Shum¹

¹*Tver State Technical University (Tver)*

²*Mytishchi filial of MSTU named after N. Uh. Bauman (Mytishchi, Moscow region)*

Abstract. The paper is an overview of the results obtained in a series of papers on two types of symmetry of the density function. The concepts of *c*-symmetry and *s*-symmetry of the density function were considered for both the plane case and the space case. In the first case, the symmetry of the function of two variables was studied, in the second – the symmetry of the function of three variables. One of the main results is that in each of these cases the concepts of *c*-symmetry and *s*-symmetry do not coincide.

Keywords: symmetry, *c*-symmetry, *s*-symmetry, center of symmetry, function of two variables, plate, polar coordinates, function of three variables, ball, spherical coordinates, density function, center of mass.

REFERENCES

1. Shum Al.An. On the symmetry of the functions defined in the circle // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*. 2014. Vol. 25, pp. 3–8. (In Russian).
2. Shum Al.An. The comment about *s*-symmetric functions // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*. 2015. Vol. 27, pp. 3–6. (In Russian).
3. Shum Al.An. About the centers of symmetry of a function of two variables // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta*. 2016. Vol. 30, pp. 19–23. (In Russian).

4. Shum Al.An. About the centers of symmetry of a function defined in a convex domain of the plane // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*. 2017. Vol. 31, pp. 19–22. (In Russian).
5. Shum Al.An. Symmetric line of a function of two variables // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*. 2017. Vol. 32, pp. 103–105. (In Russian).
6. Shum Al.An., Vetoshkin A.M., Shum An.Al. The symmetric line of a regular homogeneous triangle // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*. 2018. Vol. 34, pp. 47–53. (In Russian).
7. Shum Al.An., Vetoshkin A.M., Shum An.Al. Parametric equations of the symmetric line of a regular homogeneous triangle // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*. 2018. Vol. 34, pp. 44–47. (In Russian).
8. Shum Al.An., Vetoshkin A.M., Shum An.Al. A note on the symmetry of functions defined in a ball // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*. 2019. No. 3, pp. 38–47. (In Russian).
9. Shum Al.An., Vetoshkin A.M., Shum An.Al. On one criterion of s-symmetry of a function of three variables // *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo tehniceskogo universiteta*. 2019. No. 4, pp. 30–35. (In Russian).
10. Pismennyi D.T. Lecture notes on higher mathematics (full course). M: AIRIS PRESS. 2007. 604 p.
11. Fichtenholz G.M. Course of differential and integral calculus. M.: FIZMATLIT. 2001. Vol. 3. 662 p.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

SHUM Alexander Anatolievich – Associate Professor of Department of Mathematics, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: shum@tstu.tver.ru

VETOSHKIN Alexander Mikhailovich – Associate Professor of the Department of Applied Mathematics, Informatics and Computer Engineering, Moscow State Technical University named after N.E. Bauman, 1, 1st Institutskaya street, Mytishchi city, Moscow region, 141005, Russia.

SHUM Anatoliy Alexandrovich – student of the faculty of information technologies, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: vetkin@mgul.ac.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Shum Al.An., Vetoshkin A.M., Shum An.Al. On two types of symmetry of the density function // *Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology»*. 2019. No. 4 (4), pp. 70–83.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ



УДК 614.8.084

ПРЕИМУЩЕСТВА МЕТОДА ВУЛКАНИЗАЦИИ ТКАНЕЙ С ПОЛИМЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПСЕВДООЖИЖЕННОГО ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ

С.Д. Семенов, Т.С. Копылова, Д.С. Семенов
Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

Аннотация. В данной работе представлена схема экспериментальной установки для вулканизации плащевых тканей с полимерными покрытиями, вулканизованными в псевдоожиженном слое инертного теплоносителя. Образцы тканей, термообработанные на данной установке, показали высокую равномерность процесса термообработки и отличное качество изделий за счет более высоких значений коэффициента теплопередачи и больших температур псевдоожиженного слоя.

Ключевые слова: экспериментальная установка, вулканизация, псевдоожиженный слой, термообработка, полимерные покрытия.

В производстве плащевых тканей вулканизация – основной технологический процесс, требующий больших затрат энергии. Качество готовой продукции определяется оптимальными условиями проведения процесса термообработки [1].

Непременным условием, определяющим целесообразность применения того или иного метода термообработки плащевых тканей в промышленности, является соответствие аппаратного оформления метода основным требованиям, а именно [1]:

- обеспечение высоких качественных показателей готовых изделий;
- минимальный удельный расход тепла и электроэнергии на единицу готового продукта;
- высокая интенсивность процесса термообработки, минимальные габариты установки и ее небольшая стоимость;
- большая производительность оборудования;
- более полная автоматизация агрегата для интенсификации процесса при высоком качестве продукции.

Вулканизация тканевых резинотехнических изделий в производственных условиях обычно проводится в вулканизационных котлах – автоклавах. Процесс протекает под давлением выше атмосферного. Обычно применяют горизонтальные котлы диаметром от 0,9 до 3 м и длиной от 2 до 40 м.

Недостатки такого типа установок:
возможность попадания влаги на ткань, что ведет к появлению пятен и деструкции ткани;

- большая продолжительность вулканизации (до 100 мин);
- низкий коэффициент полезного действия.

Процесс вулканизации можно интенсифицировать путем сокращения времени термообработки за счет повышения температур вулканизации и применения новых методов и источников обогрева [3].

В настоящее время особого внимания заслуживает новый метод термообработки тканей с полимерными покрытиями в псевдооживленном слое инертного мелкозернистого материала, который обеспечивает высокую равномерность процесса термообработки и отличное качество изделий за счет более высоких значений коэффициента теплопередачи и больших температур псевдооживленного слоя.

В ТвГТУ был сконструирован новый аппарат для вулканизации полимерных покрытий на тканях псевдооживленным теплоносителем без газораспределительной решетки, с высокими температурами теплоносителя [2].

Схема экспериментальной установки приведена на рисунке.

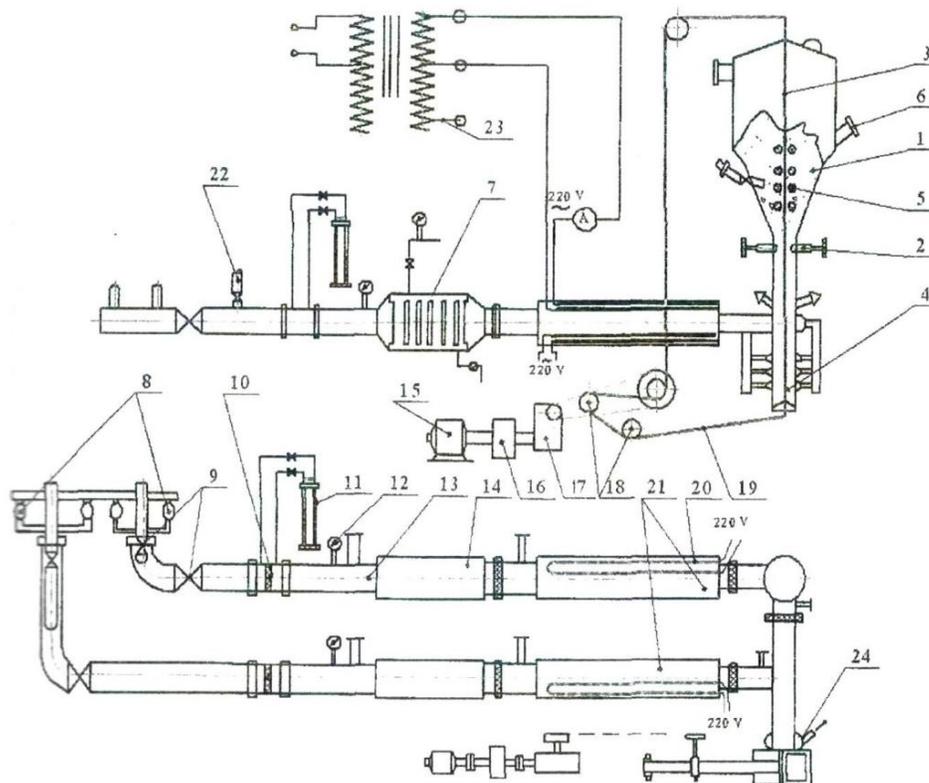


Схема экспериментальной установки для термообработки тканей

с полимерными покрытиями в псевдооживленном слое инертного теплоносителя:

- 1 – реакционная камера; 2 – узел регулирования ширины щели; 3 – транспортерная лента;
 4 – камера соплового обдува; 5, 20 – термоэлектронагреватели; 6 – смотровое окно;
 7, 14 – паровые калориферы; 8 – воздуходувки; 9 – регулирующая арматура;
 10 – диафрагма; 11 – дифманометр; 12 – манометр; 13 – воздуховод;
 15 – электродвигатель; 16 – вариатор; 17 – редуктор; 18 – направляющие ролики;
 19 – опытный образец плащевой ткани; 21 – электрокалориферы; 22 – линии сброса
 воздуха; 23 – автотрансформатор; 24 – узел выгрузки зернистого материала из аппарата

Воздух, необходимый для создания псевдооживленного слоя, поступает от воздуходувок в паровой и электрический калориферы, где подогревается до заданной температуры. Предусмотрено регулирование мощности помещенных в слой электронагревателей. В паровом калорифере воздух нагревается до 100 °С, в электронагревателе – до 200 °С. Установленные воздуходувки – роторного типа, производительностью 500 м³/ч. Высота аппарата 2,5 м. Рабочая часть его представляет собой трапецию, установленную большим основанием кверху: сечение камеры в верхней части 700x180 мм, в нижней – 15x180 мм, поперечное сечение имеет прямоугольную форму [4].

Отличительные особенности опытного аппарата:

отсутствие газораспределительной решетки;

переменная величина поперечного сечения реакционной камеры и малый угол раскрытия ее боковых поверхностей;

использование в псевдооживленном слое высокоэффективных термоизлучателей.

В качестве инертного зернистого теплоносителя использовались шлаковые шарики «корольки» (таблица).

Характеристика фракций шлаковых шариков

Размер частиц шариков, мм (фракция)	Насыпная плотность, кг/м ³	Плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/м, град.	Удельная теплоемкость, Вт/кг·град.	Критическая скорость, м/с (аппарат с решеткой)	Критическая скорость, м/с (аппарат без решетки)
0,85–0,5	1 840	2 800	0,59	752	0,24	6
0,6–0,8	1 876	2 800	0,59	752	0,48	8
0,8–1,2	1 881	2 800	0,59	752	0,75	10
1,2–1,6	1 881	2 800	0,59	752	0,9	12

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимонин А.С., Балдин Б.Г., Борщев В.Я. Машины и аппараты химических производств. Калуга: Изд-во Н.Ф. Бочкаревой, 2008. 871 с.
2. Гвоздев В.Д., Соловьев И.Г., Семеев С.Д. Повышение интенсивности теплообмена в аппаратах для термообработки рулонных материалов в псевдооживленном слое // *Современные машины и аппараты химических производств: материалы Второй всесоюзной научной конференции*. Чимкент, 1980. 492 с.
3. Комиссаров Ю.А., Гордеев Л.С., Вент Д.П. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 2011. 350 с.
4. Соколов М.В. Энергосберегающая технология и оборудование для производства длинномерных резинотехнических изделий // *Химическая технология*. № 10. 2008. С. 496–499.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

СЕМЕЕНКОВ Сергей Дмитриевич – кандидат технических наук, профессор кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: mr.semeenkov@mail.ru

КОПЫЛОВА Тамара Семеновна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: tamara.kopylova.41@mail.ru

СЕМЕЕНКОВ Дмитрий Сергеевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: mr.semeenkov@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Семеенков С.Д., Копылова Т.С., Семеенков Д.С. Преимущества метода вулканизации тканей с полимерными покрытиями с использованием псевдооживленного теплоносителя // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 84–88.

THE ADVANTAGES OF USE OF THE CURING TISSUE WITH POLYMERIC COATINGS USING FLUIDIZED BED COOLANT

S.D. Semeenkov, T.S. Kopylova, D.S. Semeenkov
Tver State Technical University (Tver)

Abstract. This paper presents a scheme of an experimental setup for vulcanization of raincoat tissues with polymer coatings vulcanized in a fluidized bed of inert coolant. Tissue samples, heat-treated in this installation, showed a high uniformity of the heat treatment process and excellent quality of products due to higher values of the heat transfer coefficient and high temperatures of the fluidized bed.

Keywords: experimental setup, vulcanization, fluidized bed, heat treatment, polymer coating.

REFERENCES

1. Timonin A.S., Baldin B.G., Borshchev V.Y. Mashiny i apparaty himicheskikh proizvodstv [Machines and apparatus for chemical production]. Kaluga: publishing house N.F. Bochkoryova, 2008. 871 p.
2. Gvozdev V.D., Soloviev I.G., Semeenkov S.D. The increase in heat transfer intensity in the apparatus for heat treatment of rolled materials in a fluidized bed. *Modern machines and apparatus for chemical production: Materials of the second All-Union Scientific Conference*. Чимкент. 1980. 492 p. (In Russian).
3. Komissarov Y.A., Gordeev L.S., Vent D.P. Processy i apparaty himicheskoy tekhnologii [Processes and devices of chemical technology]. M.: Himiya, 2011. 350 p.

4. Sokolov M.V. Energy-saving technology and equipment for the production of long-length rubber products. *Himicheskaya tekhnologiya*. No. 10. 2008, pp. 496–499. (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

SEMEENKOV Sergey Dmitrievich – Professor of Technological Machines and Equipment Department, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: mr.semeenkov@mail.ru

KOPYLOVA Tamara Semenovna – Associate Professor of Technological Machines and Equipment Department, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: tamara.kopylova.41@mail.ru

SEMEENKOV Dmitry Sergeevich – undergraduate, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: mr.semeenkov@mail.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Semeenkov S.D., Kopylova T.S., Semeenkov D.S. The advantages of use of the curing tissue with polymeric coatings using fluidized bed coolant // *Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology»*. 2019. No. 4 (4), pp. 84–88.

УДК 614.8.084

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ВУЛКАНИЗАЦИИ ПЛАЩЕВЫХ ТКАНЕЙ В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА АДГЕЗИОННУЮ ПРОЧНОСТЬ

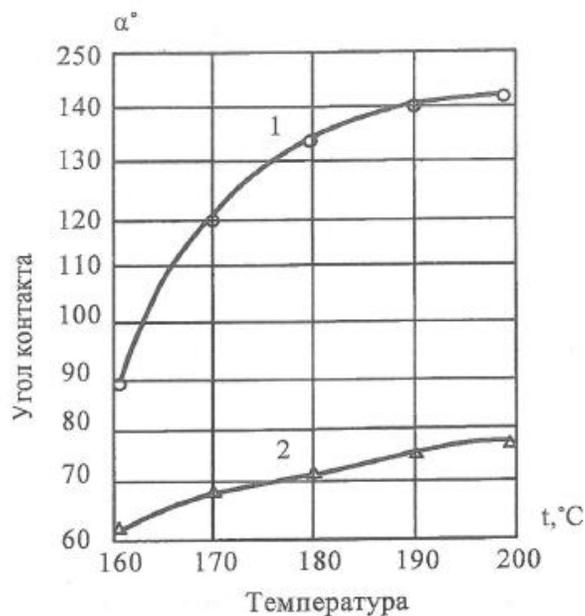
С.Д. Семеенков, Т.С. Копылова, Д.С. Семеенков

Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

Аннотация. В статье исследуется адгезионная прочность тканей с полимерными покрытиями, вулканизированными в псевдоожигенном слое инертного теплоносителя. Сравнительные характеристики образцов, обработанных в производственных условиях и в псевдоожигенном слое, показали, что адгезия у производственных образцов значительно ниже, чем у исследуемых. Приведены данные по влиянию температуры термообработки и продолжительности процесса вулканизации на величину адгезии.

Ключевые слова: полимерные покрытия, псевдоожигенный слой, вулканизация, термообработка, адгезия.

В данной работе проведены исследования зависимости параметров, характеризующих величину адгезии, от температуры теплоносителя и продолжительности процесса термообработки. Установлено, что степень контакта «ткань – покрытие», определяемая углом обхвата волокон ткани, и глубина взаимопроникновения двух фаз с ростом температуры до 180 °С возрастают почти прямо пропорционально изменению температуры (рисунок).



Зависимость угла контакта полимерного покрытия с капроновой тканью от температуры теплоносителя: 1 – образцы капрона, обработанные в псевдооживленном слое; 2 – образцы капрона, обработанные в режиме конвекции

Увеличение прочности связи каучука с капроновым волокном обусловлено, с одной стороны, увеличением суммарной площади истинного контакта за счет релаксации и пластического течения в граничном слое, а с другой – возрастанием степени диффузионного переплетения цепей, что облегчает межмолекулярные взаимодействия на границе контакта разноименных макромолекул, активированных за счет повышенной температуры термообработки (табл. 1) [1].

Таблица 1 – Зависимость параметров, характеризующих адгезию покрытия к ткани, от температуры вулканизации

Температура вулканизации, °C	Соотношение контактных линий, %	Глубина проникновения, мк	Угол контакта, град.
Псевдооживление			
160	34,4	7,43	90
170	29,8	9,45	121,2
180	24,4	10,68	133,5
190	21,5	11,24	140,1
200	25,1	11,88	143,4
Конвекция			
160	37,5	4,75	62
170	37,1	5,89	68,5
180	36,5	6,34	73,4
190	35,1	6,82	75,6
200	35	6,21	75,5

При вулканизации в псевдооживленном слое повышение температуры до 190–200 °С сказывается особенно сильно, так как в этот период пластичного течения смеси наиболее эффективно механическое воздействие частиц инертного теплоносителя, производящего вдавливание размягченной смеси в пространстве между волокнами ткани [2].

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что повышение температуры вулканизации вызывает рост адгезионной прочности изделий за счет увеличения пластичности покрытия. Это способствует большей эффективности контакта, облегчает взаимодиффузию элементов контактируемых полимеров и улучшает их растворимость. При температуре выше 200 °С происходит структурирование макромолекул и образуется пространственная сетка вулканизата, что затрудняет взаимопроникновение полимеров в зоне контакта. Ввиду недостаточной термостойкости капрона оптимальной температурой вулканизации в псевдооживленном теплоносителе для капроновой плащевой ткани следует считать 190 °С [2].

Для выявления влияния продолжительности процесса вулканизации на величину адгезии плащевых тканей, вулканизованных в псевдооживленном слое, было вулканизовано 20 образцов капроновой плащевой ткани различных артикулов. Вулканизация опытных образцов проводилась при оптимальной температуре термообработки (190 °С), постоянном расходе воздуха (при высоте слоя 800 мм) и диаметре частиц инертного зернистого материала (шлаковых шариков) 0,8–1,2 мм.

Полученные образцы подвергались микроскопическому анализу для проведения их адгезионной прочности. Для сравнения исследовался и микросрез производственного образца капроновой плащевой ткани.

Результаты анализа микросрезов образцов, вулканизованных при различном времени переработки, представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Изменение параметров, характеризующих адгезию, от продолжительности термообработки

Время термообработки, с	Соотношение контактных линий, %	Глубина проникновения, мк	Угол контакта, град.
Псевдооживление			
15	27,4	8,01	100,1
20	22,3	9,21	123,4
25	19,5	9,5	138,5
30	15	9,61	142,1
45	12,4	9,64	142,2
Конвекция			
15	33,4	7,85	33,4
20	30,3	8,19	46,3
25	29,2	8,41	57,4
30	28,4	8,96	69
45	27,9	9,04	76

Степень контакта и глубина проникновения полимерного покрытия в капроновую ткань прогрессивно возрастают по мере увеличения продолжительности термообработки до 30 с [3].

При дальнейшем увеличении времени обработки значения параметров степени монолитности системы «ткань – покрытие» меняются незначительно.

Таким образом, при вулканизации плащевой ткани в псевдооживленном слое прогрессивное нарастание адгезионной прочности материала происходит с увеличением времени обработки до 30 с. При дальнейшей обработке значение адгезии стабилизируется [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фролов В.В. Химия. М.: Высшая школа, 1986. 155 с.
2. Глинка Н.Л. Задачи и упражнения по общей химии. М.: Интеграл-пресс, 2009. 240 с.
3. Крыжановский В.К., Бурлов В.В., Паняматченко А.Д. Технические свойства полимерных материалов. СПб.: Профессия, 2003. 239 с.
4. Козлов А.И. Повышение качества ускорителей вулканизации резин // *Химическая промышленность*. 2005. № 5. С. 233–234.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

СЕМЕЕНКОВ Сергей Дмитриевич – кандидат технических наук, профессор кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: mr.semeenkov@mail.ru

КОПЫЛОВА Тамара Семеновна – кандидат технических наук, доцент кафедры технологических машин и оборудования, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: tamara.kopylova.41@mail.ru

СЕМЕЕНКОВ Дмитрий Сергеевич – магистрант, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: mr.semeenkov@mail.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Семеенков С.Д., Копылова Т.С., Семеенков Д.С. Температурный режим и продолжительность вулканизации плащевых тканей в псевдооживленном слое и их влияние на адгезионную прочность // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 88–92.

THE TEMPERATURE AND DURATION OF CURING MANTLE TISSUE IN THE FLUIDIZED BED AND THEIR EFFECT ON ADHESION STRENGTH

S.D. Semeenkov, T.S. Kopylova, D.S. Semeenkov
Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The paper studies the adhesive strength of tissues with polymer coatings vulcanized in a fluidized bed of an inert coolant. Comparative characteristics of the samples processed in production conditions and in a fluidized bed showed that adhesion at production samples is much lower, than at investigated.

The data on the effect on the adhesion value of the heat treatment temperature and the duration of the curing process are presented.

Keywords: polymer coatings, fluidized bed, vulcanization, heat treatment, adhesion.

REFERENCES

1. Frolov V.V. Himiya [Chemistry]. M.: Vysshaya shkola, 1986. 155 p.
2. Glinka N.L. Zadachi i uprazhneniya po obshchej himii [Tasks and exercises in general chemistry]. M.: Integral-press, 2009. 240 p.
3. Kryzhanovskij V.K., Burlov V.V., Panimatchenko A.D. Tekhnicheskie svojstva polimernyh materialov [Technical properties of polymeric materials]. SPb.: Professiya, 2003. 239 p.
4. Kozlov A.I. Improving the quality of rubber vulcanization accelerators. *Himicheskaya promyshlennost'*. 2005. No. 5, pp. 233–234. (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

SEMEENKOV Sergey Dmitrievich – Professor of Technological Machines and Equipment Department, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: mr.semeenkov@mail.ru

KOPYLOVA Tamara Semenovna – associate Professor of Technological Machines and Equipment Department, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: tamara.kopylova.41@mail.ru

SEMEENKOV Dmitry Sergeevich – undergraduate, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: mr.semeenkov@mail.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Semeenkov S.D., Kopylova T.S., Semeenkov D.S. The temperature and duration of curing mantle tissue in the fluidized bed and their effect on adhesion strength // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2019. No. 4 (4), pp. 88–92.

УДК 666.96

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В СИБИРСКИХ И ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ РЕГИОНАХ РОССИИ

М.А. Смирнов, В.И. Трофимов, Р.З. Цыбина, В.А. Ясюкович
Тверской государственный технический университет (г. Тверь)

Аннотация. Статья посвящена решению вопросов эффективности теплоизоляционных покрытий, энергосбережения, оптимизации затрат и расходов энергии, анализу способов совершенствования отрасли строительных материалов с привлечением крупных восточно-сибирских и дальневосточных месторождений. Дается анализ производства высокоэффективных сухих строительных смесей с использованием отходов промышленности Восточной Сибири и Дальнего Востока.

Ключевые слова: отходы промышленности, алюмосиликатные зольные микросферы, фторангидрит, сухие строительные смеси.

Одним из важных вопросов ускоренного экономического развития страны является вопрос вовлечения в хозяйственную деятельность уникальных месторождений, расположенных в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. В частности, богатством недр отличается территория Дальнего Востока и Байкальского региона. Здесь разведаны крупнейшие месторождения угля, золота, меди, алмазов, фосфоритов урана, олова и других рудных и нерудных полезных ископаемых.

Учитывая необходимость ускоренного развития сибирских и дальневосточных регионов России для экономической безопасности страны, Правительством РФ было издано распоряжение от 28 декабря 2009 г. № 2094-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 года».

При этом важно отметить, что Восточная Сибирь и Дальний Восток занимают выгодное экономико-географическое положение относительно Азиатско-Тихоокеанского региона, в котором расположены такие страны с мощной экономикой, как Китай, Япония и США. При этом порты Дальнего Востока имеют выходы на транспортные системы Транссибирской и Байкало-Амурской железнодорожных магистралей. Кроме того, вдоль дальневосточных берегов проходит Северный морской путь.

Уникальное географическое положение, мощнейшая сырьевая база, научно-технический и оборонный потенциал Восточной Сибири и Дальнего Востока имеют для Российской Федерации большое геополитическое значение.

Для скорейшего вовлечения крупных восточно-сибирских и дальневосточных месторождений в хозяйственную деятельность страны необходимо ускоренными темпами развивать и совершенствовать отрасль строительных материалов в этих регионах. Одним из широко востребованных в настоящее время строительных материалов являются сухие строительные смеси (ССС).

Известно, что в настоящее время СССР широко используются в строительстве для снижения коэффициентов теплопроводности (с целью улучшения теплозащитных свойств конструкций) и влагопоглощения (с целью защиты стен от коррозии и переувлажнения). Для этого применяются штукатурные растворы на основе высокопористых наполнителей, которые позволяют добиться низкой плотности и теплопроводности отделочных покрытий. Сухие строительные смеси используются также для защиты конструкций от агрессивных воздействий во влажных помещениях. Основой для таких смесей являются гидрофобные добавки.

Высокоэффективные СССР изготавливаются из различных материалов, в том числе и отходов промышленности. Однако производство эффективных сухих строительных смесей в основном сосредоточено в западных регионах России. Транспортирование СССР и других материалов в восточные регионы страны приводит к значительному их удорожанию.

В рассматриваемых регионах сосредоточено большое количество предприятий горнорудной промышленности, у которых образуются многотоннажные отходы. Одним из путей снижения затрат на производство СССР является использование отходов промышленного производства.

Для повышения эффективности теплоизоляционных покрытий, энергосбережения, оптимизации затрат и расходов энергии создаются ССС на основе микросфер [1].

В работе [2] сравнивалась эффективность применения в составе известковой строительной смеси четырех высокопористых наполнителей: стеклянных полых микросфер, алюмосиликатных зольных микросфер, вспученного вермикулитового песка и вспученного перлитового песка (таблица). За счет введения в известковые штукатурные растворы высокопористых наполнителей можно добиться низкой плотности и теплопроводности отделочных покрытий.

Стеклянные полые микросферы представляют собой замкнутые газонаполненные оболочки практически идеальной сферической формы, различного диаметра. В работе применялись стеклянные микросферы МС-В с насыпной плотностью 130 кг/м^3 , диаметром до 100 мкм, толщиной стенки 1...3 мкм [2].

Алюмосиликатные зольные микросферы представляют собой серый порошок, состоящий из тонкодисперсных шариков. Используемые в работе алюмосиликатные микросферы имеют диаметр до 400 мкм, насыпную плотность – 400 кг/м^3 , обладают сплошными непористыми стенками толщиной от 2 до 100 мкм [2].

Вспученный вермикулитовый песок представляет собой сыпучий зернистый материал чешуйчатого строения, имеет насыпную плотность 150 кг/м^3 , влажность по массе не более 3 %, зерновой состав 0,14...1,25 мм [2].

Вспученный перлитовый песок марки М-150 имеет насыпную плотность 150 кг/м^3 , зерновой состав 0,14...0,63 мм, влажность по массе не выше 2 % [2].

В результате испытаний установлено, что вермикулитовый и перлитовый песок обладают большей водопотребностью, чем стеклянные и алюмосиликатные микросферы. Объясняется это тем, что у них высокая открытая микропористость частиц, благодаря чему они активно впитывают воду.

Использование в качестве наполнителей вспученного вермикулитового и перлитового песка приводит к уменьшению водостойкости растворных композитов. Наибольшую прочность при сжатии $R_{сж} = 4,07 \text{ МПа}$ и водостойкость $K_{разм} = 0,74$ показали композиты, наполненные зольными микросферами. Наименьшей средней плотностью обладают композиты, наполненные полыми стеклянными микросферами (таблица) [2].

Структура порового пространства композитов

Наполнитель	Водопоглощение по массе, %	Пористость		
		Общая	Открытая	Закрытая
Контрольный образец (без наполнителя)	41,1	60,8	40,7	20,1
Стеклянные полые микросферы	47,4	76,9	26,9	50,0
Алюмосиликатные зольные микросферы	37,2	66,4	31,8	34,6
Вспученный вермикулитовый песок	81,2	75,2	49,1	26,1
Вспученный перлитовый песок	50,6	66,9	42,9	24,0

Установлено, что наименьшие значения усадочных деформаций наблюдаются при использовании стеклянных микросфер (спустя 28 суток они составляют $\epsilon = 0,65$ мм/м). Усадка растворных композитов с добавлением других композитов через 28 суток превысила значение $\epsilon = 1,1$ мм/м [2].

Композиты на основе разрабатываемой ССС с применением полых стеклянных микросфер характеризуются более высоким сопротивлением теплопередаче по сравнению с композитами, полученными с применением других наполнителей. В сухом состоянии коэффициент теплопроводности композитов, наполненных стеклянными микросферами, $\lambda = 0,117$ Вт/м·К, зольными микросферами – $0,172$ Вт/м·К, вспученным вермикулитовым песком – $0,141$ Вт/м·К, а вспученным перлитовым песком – $0,156$ Вт/м·К [2].

Приведенные данные доказывают более высокую эффективность применения полых стеклянных микросфер в теплоизоляционных штукатурных растворах.

Основные преимущества перлита как строительного материала:

высокие звуко- и теплоизоляционные свойства;

огнеупорность;

низкая плотность;

неограниченный срок годности.

Микросферы перлита обладают большей прочностью по сравнению с перлитовым песком [3].

Однако, хотя перлитовые микросферы дешевле, чем стеклянные полые микросферы, их стоимость достаточно высока. Поэтому стоит сосредоточиться на поиске более дешевого сырья для производства ССС, которым могут служить техногенные отходы промышленности. В частности, в Томской области предлагается использовать хвосты обогащения медной руды для производства теплоизоляционного материала [4]. Основная цель – получение гранулированного пористого теплоизоляционного материала при температурах, не превышающих 900 °С.

Известно, что в результате добычи и переработки горных пород накапливается значительное количество отходов, которые, как правило, складываются в отвалах, хвостохранилищах или шлаконакопителях. Такой подход к решению вопросов утилизации отходов представляет серьезную опасность и в экологическом плане. Особенно это касается многотоннажных отходов промышленности, таких как металлургические шлаки [4].

Использование техногенного сырья в качестве компонента шихты для производства строительных материалов является одним из основных направлений переработки отходов. В этом плане разработка пористых теплоизоляционных материалов на основе техногенного и некондиционного сырья рассматривается как эффективный метод снижения издержек производства. Особенно актуальны вопросы получения экологически эффективных, безопасных и долговечных теплоизоляторов, к которым относятся пеностекольные материалы [4].

По внешнему виду хвосты обогащения медной руды представляют собой мелкозернистую пробу светло-бежевого цвета, с пониженным содержанием основного стеклообразующего оксида SiO_2 и повышенным Al_2O_3 , Fe_2O_3 , а также оксидов щелочей, что не соответствует марке кварцевого песка для производства пеностекла. Оксиды, которые входят в состав стекла в качестве основных компонентов, необходимо учитывать при расчете состава шихты [4].

В результате исследований, проведенных в [4], обоснована возможность утилизации отходов хвостов медной руды. Полученный материал обладает водопоглощением ниже 1 % и имеет неограниченный срок службы. Более того, предложенный способ его получения является ресурсосберегающим и энергоэффективным решением.

Сухие строительные смеси на гипсовом вяжущем относятся к перспективным строительным материалам, так как им присущ ряд достоинств: огнестойкость, высокая экологичность, термоизоляция и звукопоглощение. При этом существенным недостатком является низкая водостойкость ССС. Поэтому для получения смесей с повышенными физико-техническими характеристиками необходима правильно разработанная рецептура с учетом такой важной составляющей, как модифицированные добавки, которые большей частью поставляются зарубежными производителями и, как следствие, являются весьма дорогостоящими. В связи с этим использование местного сырья для производства смесей на гипсовом или других вяжущих представляют собой важную задачу как минимум с экономической точки зрения и с позиций импортозамещения [5].

Для улучшения физико-механических свойств гипсового вяжущего в различных организациях ведутся исследования по использованию отходов промышленности и вторичного сырья. Разработано гипсовое вяжущее – гипсоизвестковокерамзитшлаковое, в состав которого входят молотые промышленные отходы (керамзитовая пыль и доменный шлак) до 60 % по массе [6].

Если говорить о замене гипсовых материалов, то большой интерес представляет использование фторангидрита – побочного продукта производства плавиковой кислоты и фторидов. Например, в Томской области фторангидрит как побочный продукт производства плавиковой кислоты образуется на Сибирском химическом комбинате в количестве 14 тыс. т в год [7].

Предварительные исследования фторангидрита в качестве вяжущего показали, что самостоятельно он практически не твердеет (при этом вмешательство в технологический процесс основного производства практически невозможно), поэтому с целью получения материалов необходимо разрабатывать способы модифицирования его для инициирования вяжущих свойств или использовать «кислый» фторангидрит до стадии нейтрализации [7].

Сфера применения нейтрализованного фторангидрита с высоким содержанием растворимого ангидрита – отделочные сухие строительные смеси. Использование смесей на основе фторангидрита обусловлено сочетанием положительных свойств, присущих только данной группе вяжущих, таких как отсутствие усадочных деформаций, быстрый набор прочности, высокие тепло- и звукоизоляционные характеристики, огне- и пожаробезопасность, сравнительно низкая плотность. При производстве внутренних работ к указанным свойствам добавляются также хорошие экологические характеристики и высокая паропроницаемость. Кроме того, использование данных материалов для внутренней отделки обеспечивает благоприятный климат внутри помещений за счет способности материала «дышать», легко поглощать и отдавать влагу [7].

Сухие строительные смеси на основе фторангидрита не уступают по своим санитарно-гигиеническим свойствам гипсовым материалам и высокой скорости набора прочности, но при этом превосходят их по водостойкости и прочностным характеристикам [6, 8].

Нельзя не отметить возможность использования в качестве основного компонента гидрофобно-биоцидных добавок полимерного остатка (ПО) производства скипидара АО «Группа Илим», филиал в г. Братске. Полимерный остаток состоит преимущественно из терпеновых соединений, обладающих хорошим фунгицидным и бактерицидным действием [8].

При изготовлении комплексной гидрофобно-фунгицидной добавки (КД) кроме ПО могут быть использованы: зола-унос ТЭЦ-6 (ТИиТС) ПАО «Иркутскэнерго» (г. Братск) в качестве адсорбента, жидкое стекло натриевое с силикатным модулем 2,6–3,2 в качестве стабилизатора эмульсии при изготовлении КД, сырое сульфатное мыло (АО «Группа Илим», филиал в г. Братске) при изготовлении КД в качестве эмульгатора и в готовой добавке в качестве воздухоовлекающего компонента [7].

Кроме отходов горнорудной промышленности в состав эффективных ССС может входить фибра. В этом случае могут быть использованы разработанные учеными ТвГТУ эффективная фибра в виде микросеток или многоанкерная фибра, которые можно получать, например, из отходов производства композитных или полимерных сеток [9]. Такие сетки производятся в большом количестве (в частности, ООО «Завод металлических и полимерных сеток», г. Иркутск).

Выполненный анализ показал, что на Дальнем Востоке и в сибирских регионах (Томской, Иркутской, Новосибирской, Магаданской областях, Норильском промышленном районе) расположено множество предприятий, в результате деятельности которых образуются многотоннажные техногенные отходы, такие как хвосты обогащения медной руды, фторангидрит и др. Данные отходы после переработки можно с успехом использовать в качестве эффективных компонентов (микропористого наполнителя или гидрофобных добавок) для производства местных сухих строительных смесей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Батяновский Э.И., Леонович И.А., Леонович А.А. Фибробетон на заполнителе из микросфер зол-уноса для облицовочных слоев // *Новые материалы и технологии в машиностроении*. № 11. 2010. С. 146–150.
2. Логанина В.И. Теплоизоляционные известковые сухие строительные смеси для отделки стен из газобетона // *Вестник МГСУ*. 2016. № 5. С. 82–90.
3. Машкин Н.А. Перлитовые микросферы – эффективный наполнитель для теплоизоляционного пенобетона // *Научный вестник Арктики*. 2019. № 5. С. 47–49.
4. Казьмина О.В. Получение пористого теплоизоляционного материала из хвостов обогащения медной руды // *Вестник ТГАСУ*. 2019. № 1. С. 159–169.
5. Пуценко К.Н. Перспективы развития и применение сухих строительных смесей на основе гипса // *Вестник ИрГТУ*. 2015. № 5. С. 148–154.
6. Халиулин М.И. Сухие строительные смеси на основе композиционных гипсовых вяжущих // *Вестник КГАСУ*. 2015. № 1. С. 153–159.
7. Аниканова Л.А. Эффективность использования фторангидрита в производстве стеновых и отделочных материалов // *Вестник ТГАСУ*. 2015. № 1. С. 163–171.
8. Чикичев А.А. Гидрофобно-фунгицидная добавка и штукатурная сухая смесь на ее основе // *Вестник МГСУ*. 2017. № 6. С. 65–71.

9. Трофимов В.И., Пупенин К.И., Михайлов А.И. Использование полимерных сеток для дорожного и аэродромного строительства в арктических районах. *Архитектура, строительство, транспорт: материалы Международной научно-практической конференции*. Омск: СибАДИ, 2015. С. 146–150.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

СМИРНОВ Матвей Александрович – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: matiu.sm@yandex.ru

ТРОФИМОВ Валерий Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: vitrofa@mail.ru

ЦЫБИНА Раиса Захаровна – доцент кафедры конструкций и сооружений, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22. E-mail: zubina-rz@mail.ru

ЯСЮКОВИЧ Владислав Александрович – студент 4-го курса, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, Россия, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Смирнов М.А., Трофимов В.И., Цыбина Р.З., Ясюкович В.А. Повышение эффективности использования отходов промышленности в Сибирских и Дальневосточных регионах России // Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии». 2019. № 4 (4). С. 92–99.

IMPROVING EFFICIENCY OF USING INDUSTRIAL WASTE IN SIBERIAN AND FAR EAST FEDERAL REGIONS OF RUSSIA

M.A. Smirnov, V.I. Trofimov, R.Z. Tsybina, V.A. Yasyukovich
Tver State Technical University (Tver)

Abstract. The article is devoted to solving the issues of efficiency of heat insulation coatings, energy saving, optimization of energy costs and expenses, analysis of ways to improve the industry of construction materials with the involvement of large East Siberian and Far Eastern deposits. The analysis of production of high-efficiency dry building mixtures using wastes of industry of Eastern Siberia and the Far East is given.

Keywords: industrial wastes, aluminosilicate ash microspheres, fluoroanhydrite, dry building mixtures.

REFERENCES

1. Batyanovsky E.I., Leonovich I.A., Leonovich A.A. Fiber-concrete on aggregate from fly ash microspheres for cladding layers. *Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii*. 2010. No. 11, pp. 146–150. (In Russian).

2. Loganina V.I. Heat-insulating lime dry building mixes for wall decoration from aerated concrete. *Vestnik MGSU*. 2016. No. 5, pp. 82–90. (In Russian).
3. Mashkin N.A. Perlite microspheres – an effective filler for heat-insulating foam concrete. *Nauchnyj vestnik Arktiki*. 2019. No. 5, pp. 47–49. (In Russian).
4. Kazmina O.V. Obtaining porous thermal insulation material from copper ore dressing tailings. *Vestnik TGASU*. 2019. No. 1, pp. 159–169. (In Russian).
5. Putsenko K.N. Prospects for the development and use of dry gypsum-based building mixtures. *Vestnik IrGTU*. 2015. No. 5, pp. 148–154. (In Russian).
6. Khaliulin M.I. Dry building mixes based on composite gypsum binders. *Vestnik KGASU*. 2015. No. 1, pp. 153–159. (In Russian).
7. Anikanova L.A. Efficiency of using fluorohydrate in the production of wall and decoration materials. *Vestnik TGASU*. 2015. No. 1, pp. 163–171. (In Russian).
8. Chikichev A.A. Hydrophobic-fungicidal additive and plaster dry mix based on it. *Vestnik MGSU*. 2017. № 6, pp. 65–71. (In Russian).
9. Trofimov V.I., Pupenin K.I., Mikhailov A.I. The use of polymer nets for road and airfield construction in the Arctic regions. *Architecture, construction, transport: Materials of the International scientific-practical conference*. Omsk: SibADI. 2015, pp. 146–150. (In Russian).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

SMIRNOV Matvey Alexandrovich – Candidate of Technical Sciences, the Associate Professor of the Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: matiu.sm@yandex.ru

TROFIMOV Valery Ivanovich – Candidate of Technical Sciences, the Associate Professor of the Department of Production of Building Materials and Structures, Tver State Technical University, 22 embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: vitrofa@mail.ru

TSYBINA Raisa Zakharovna – Associate Professor of the Department Structures and Facilities, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: zubina-rz@mail.ru

YASYUKOVICH Vladislav Alexandrovich – 4rd year student, Tver State Technical University, 22, embankment of A. Nikitin, Tver, 170026, Russia.

CITATION FOR AN ARTICLE

Smirnov M.A., Trofimov V.I., Tsybina R.Z., Yasyukovich V.A. Improving efficiency of using industrial waste in Siberian and Far East Federal regions of Russia // *Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology»*. 2019. No. 4 (4), pp. 92–99.

ВЕСТНИК
ТВЕРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»

Научный рецензируемый журнал
№ 4 (4), 2019

Редактор М.Б. Юдина
Корректор Я.А. Петрова
Технический редактор Ю.Ф. Воробьева

Подписано в печать 20.12.2019

Формат 60x84 1/8

Физ. печ. л. 12,5

Тираж 500 экз.

Усл. печ. л. 11,63

Заказ № 332

Бумага писчая

Уч.-изд. л. 5,05

С – 100

Редакционно-издательский центр
Тверского государственного технического университета
Адрес издателя: 170026, г. Тверь, наб. А. Никитина, д. 22

Отпечатано в ООО «Наукоемкие технологии»

Центр инженерной печати
170024, г. Тверь, ул. Академическая, д. 14