II НАЦИОНАЛЬНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

ЧАСТЬ 4. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА

28-29 МАРТА 2019 Г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА»**

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

**Сборник докладов II Национальной научно-практической конференции
28-29 марта 2019 г.**

Часть 4 – Технические науки

Пенза 2019

УДК 338
ББК 65.2/4
А43

Оргкомитет:

Сафьянов А.Н. – проректор по научной работе, к.э.н., доцент (председатель);
Белякова Е.А. – и.о. начальника Научно-методического центра, к.т.н., доцент (зам. председателя);
Толушов С.А. – директор инженерно-строительного института, к.т.н., доцент;
Ефимова Т.Б. – и.о. декана архитектурного факультета, доцент;
Тарасов Р.В. – декан технологического факультета, к.т.н., доцент;
Тараканов О.В. – декан факультета управления территориями, д.т.н., профессор;
Черницов А.Е. – директора института экономики и менеджмента, к.э.н., доцент;
Кочергин А.С. – директор института инженерной экологии, к.т.н., доцент;
Родионов Ю.В. – директор автомобильно-дорожного института, д.т.н., профессор.

А43 **Актуальные** проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства: сб. докладов II Национальной научно-практической конференции. Часть 4 – Технические науки. Пенза/ [ред кол.: А.Н. Сафьянов и др.]: ПГУАС, 2019. – 127 с.
ISBN 978–5–9282–1631–3 (Ч. 4)
ISBN 978–5–9282–1627–6

Статьи печатаются в авторской редакции.

В сборнике помещены материалы II Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства», которая проходила 28-29 марта 2019 года в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства.

Доклады, представленные в рамках секции «Технические науки», посвящены вопросам создания современных материалов и строительных конструкций; информационным технологиям; организации и технологии производства строительно-монтажных работ; транспортным и инженерным системам.

Рекомендуется научным работникам, преподавателям высших и средних учебных заведений, аспирантам, магистрантам и студентам.

ISBN 978–5–9282–1631–3 (Ч. 4)
ISBN 978–5–9282–1627–6

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Интеграция науки и практики, внедрение инновационных разработок во всех сферах деятельности, использование более совершенных и эффективных средств производства, модернизация и реконструкция оборудования, применение современных методов подготовки кадров, создание и использование новых технологий – все это увеличивает конкурентоспособность отдельных отраслей народного хозяйства и страны в целом.

Представляемый читателям сборник издается по итогам работы II Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства» (Пенза, 28-29 марта 2019 г.).

В работе конференции приняли участие ведущие ученые, аспиранты и студенты различных вузов России. Было представлено более 80 актуальных работ.

Проведение данной конференции явилось результатом значительного интереса академического сообщества к обсуждению и внедрению разработок, решающих поставленные задачи и ведущие к увеличению инвестиционной привлекательности различных отраслей народного хозяйства, ускоряющих модернизацию и совершенствование техник и технологий при достижении национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации.

Составители сборника условно разделили статьи на четыре секции по общности затрагиваемых в них проблем.

Порядок представления статей – по тематическим платформам, рассмотренным на конференции, а внутри них – по фамилиям авторов.

Выход в свет настоящего издания был бы невозможен без труда многих людей разных сфер деятельности. Оргкомитет присоединяется к благодарности заинтересованных читателей всем тем, кто своим трудом способствовал выходу в свет этого сборника.

Оргкомитет II Национальной научно-практической конференции
«Актуальные проблемы науки и практики
в различных отраслях народного хозяйства»

УДК 624.046.2

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НЕСУЩИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КЕРАМЗИТОВОГО СКЛАДА

В.С. Абрашитов, *канд. техн. наук, профессор кафедры строительных конструкций*
Д.С. Сорокин*, аспирант*
А.Е. Капустин*, аспирант*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Керамзитовый склад состоит из шести вертикальных цилиндрических резервуаров с внутренним диаметром 6,0 м и высотой около 13,5 м. Каждый резервуар выполнен из монолитного железобетона с классом прочности В20. Толщина стенок резервуара 150 мм, а толщина монолитного днища составляет 160 мм. Каждый резервуар опирается на четыре колонны сечением 450×450 мм и высотой 4,9 м. Покрытием каждого резервуара является монолитная железобетонная плита толщиной 160 мм. Над колоннами и монолитной плитой днища устроены монолитные железобетонные балки размером 350×600 мм и длиной 4,0 м. Над днищем также устроены у центра прямоугольные балки расстоянием между ними 1,25 м и размером также 350×600 с длиной балок около 6,0 м. Данные балки окантовывают отверстие для разгрузки содержимого резервуара. По высоте стенка резервуара состоит из 16 колец высотой 750 мм и одного нижнего кольца высотой 900 мм. Кольца по высоте соединены между собой через металлические закладные детали. Ориентировочно данный керамзитовый склад из шести резервуаров построен в 80-х годах XX века.

Железобетонные цилиндрические резервуара склада использовались для хранения керамзитового гравия с объемным весом γ=600 кг/м^3. При освидетельствовании конструктивных элементов резервуаров склада выявлено, что колоны выполнены из бетона класса прочности на сжатие В22,5 и при размере 450×450 мм имеют рабочую арматуру из Ø20 класса прочности А III. Плита перекрытия над колоннами имеет толщину 160 мм выполнена из бетона класса прочности на сжатие В20 и рабочую арматуру Ø12 класса прочности А III. Обследование состояния конструктивных элементов резервуара позволило выявить следующие дефекты и повреждения. Отмечены разрушения защитного слоя арматуры стенок железобетонных колец и поражения арматуры коррозией. Данные повреждения появились из-за воздействия атмосферной влаги на поверхность бетона повлекшей за собой коррозию арматуры и последующие разрушения защитного слоя железобетонных колец

резервуара, так же отмечены разрушения бетона на прямоугольных колоннах. Состояние конструктивных элементов резервуара считается ограничено работоспособным, поэтому необходимо выполнить по ним ремонтно-восстановительные работы.

Определим объем железобетонных балок, находящихся внутри резервуара. Так для 4 балок размером 350х600 мм и длиной l=4,0 м имеем объем:

$$V_1 = 4 * 4 * 0{,}6 * 0{,}35 = 3{,}35 = 3{,}36 \text{ м}^3$$

Для двух монолитных балок размером 350х600 мм и длиной 6,0 м имеем объем:

$$V_2 = 2 * 6 * 0{,}6 * 0{,}35 = 3{,}35 = 2{,}52 \text{ м}^3$$

Общий объем балок составит:

$$V_1 = V_1 + V_2 = 3{,}36 + 2{,}52 = 5{,}88 \text{ м}^3$$

Общая высота резервуара изнутри составляет:

$$H_0 = 12660 + 900 = 13560{,}0 \text{ мм}$$

Внутренний объем резервуара составляет:

$$V_0 = \frac{\pi D^2}{4} * H_0 = \frac{3{,}14 * 6^2}{4} * 13{,}56 = 383{,}2 \text{ м}^3$$

Объем резервуара без железобетонных балок составляет

$$V_\text{р} = 383{,}2 - 5{,}88 = 377{,}0 \text{ м}^3$$

При эксплуатации резервуаров с керамзитовым гравием с объемным весом γ=600 кгс/м^3 с его полным заполнением имеем вес заполненного резервуара:

$$Q = 600 * 377 = 226200 \text{ кг}c = 226{,}2 \text{ тс}$$

Предполагаем, что все несущие конструктивные элементы резервуара выдерживают общий вес заполнения в 226,2 тс (это фундаменты, колонны, плита перекрытия и вертикальные стены).

Если заполнить резервуара материалом с объемным весом γ=1400 кгс/м^3, то будем иметь объем заполнения равный:

$$V_\text{с.т.} = \frac{226200}{1400} = 161{,}6 \text{ м}^3.$$

Определяем внутреннюю площадь резервуара при его диаметре D=6,0 м:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3{,}14 * 6^2}{4} = 28{,}26 \text{ м}^2$$

Определяем высоту заполнения резервуара:

$$H_\text{ст} = \frac{161{,}6}{28{,}26} = 5{,}718 \text{ м.}$$

Если учесть запас 15% по высоте, то имеем

$$H_\text{ст} = 5{,}718 * 0{,}85 = 4{,}86 \text{ м.}$$

Выводы:

1. При новом объемном весе материала γ=1400 кгс/м^3 с запасом в 15% можно заполнить резервуар на высоту до 4,9 м. Без запаса высоту можно принять до 5,7 м.

2. Общий вес загруженного резервуара составит без запаса:

$$Q_1 = \frac{3{,}14 * 6^2}{4} * 5{,}7 * 1400 = 225515 \text{ кг} = 225{,}5 \text{ тс}.$$

Если взять вес с запасом в 15%, то имеем общий вес:

$$Q_2 = \frac{3{,}14 * 6^2}{4} * 4{,}9 * 1400 = 193864 \text{ кг}c = 194{,}0 \text{ тс}.$$

Литература:

1. *ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. М.,2015.*
2. *ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М., 2012.*
3. *СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. М.,2016*
4. *СП 16.13330.2017. Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81*. М.,2017.*
5. *СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М., 2012.*

УДК 697.445:669.13

К ВОПРОСУ ОРЕБРЕНИЯ СЕКЦИЙ ЧУГУННОГО РАДИАТОРА

***А.Г. Аверкин**, профессор, д-р техн. наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»*
***Т.И. Королева,** профессор, канд. эконом. наук, профессор кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»*
***Ю.А. Аверкин**, аспирант кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»*
***Н.Ю. Иващенко,** аспирант кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

К основным элементам систем водяного отопления относят отопительные (нагревательные) приборы [1, 2].

До 90-х годов XX века в СССР в системах отопления применялись преимущественно отопительные приборы отечественного производства: чугунные радиаторы типа М-140, М-90, М-140-АО, М-140-108, М-90-108 и др.

Не смотря на наличие на внутреннем рынке зарубежных отопительных приборов, производственные фирмы Российской Федерации, Белоруссии, Украины, Казахстана не только продолжают выпуск известных отопительных приборов, но и освоили производство современных

отопительных приборов, которые по теплотехническим показателям и внешнему виду не уступают импортным.

Чугунные радиаторы производят предприятия, находящиеся, например, в г.г. Липецк, Нижний Тагил, Санкт-Петербург, Чебоксары, Хабаровск, Минск (Белоруссия), Караганда (Казахстан), Ржищев (Украина), в пос. Любохна (Брянская обл.) [2].

Достоинствами чугунных радиаторов являются [1]:

- высокая коррозионная стойкость, что определяет большой срок эксплуатации (несколько десятков лет);
- выдерживают высокие рабочие давления (рассчитаны на избыточное давление до 0,9 МПа);
- относительная простота изменения тепловой мощности отопительного прибора (путем изменения количества секций);
- отлаженность технологии изготовления и др.

Чугунные радиаторы отливают из серого чугуна отдельными секциями или блоками, состоящими из нескольких секций. Из секций собирают приборы с поверхностью нагрева, требуемой по расчету.

Секции радиаторов в зависимости от числа вертикальных каналов подразделяют на одноканальные, двухканальные и многоканальные. В настоящее время применяются исключительно двухканальные радиаторы.

Секции радиаторов соединяют друг с другом при помощи ниппеля – короткого цилиндра с наружными резьбами (с одного конца – правой, с другой – левой). Герметичность сборки обеспечивают при помощи прокладок (картон, поранит, термостойкая резина). В отверстия крайних секций сгруппированного радиатора ввернуты четыре чугунные пробки, из которых две сквозные служат для присоединения прибора к трубопроводу, а две без отверстий – глухие.

Наиболее распространены чугунные радиаторы МС-140, МС-90, М-90 с двумя колонками по глубине.

Общий вид чугунного радиатора МС-140 приведен на рис. 1.

Монтажная высота – расстояние между центрами ниппельных отверстий радиаторов может составлять h =500 мм, полная высота H = 582 – 588 мм, строительная глубина b =140 мм и строительная длина секции l = 98 – 108 мм. От числа собранных в радиаторе секций зависит общая длина L радиатора. По монтажной высоте радиаторы

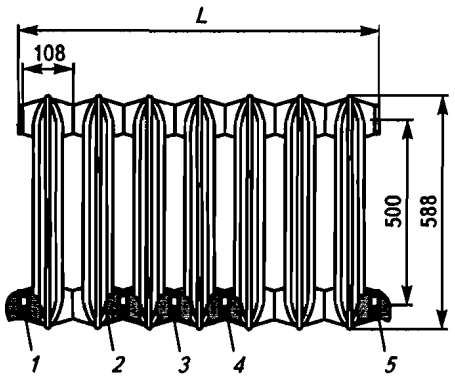


Рисунок 1. Чугунный радиатора МС-140: 1 – пробки с резьбой; 2 – чугунная секция; 3 – ниппель с двухсторонней резьбой для соединения секций; 4 – прокладка секций; 5 – прокладка для пробки

подразделяют на высокие – h = 1000 мм, средние – h = 500 мм, низкие – h = 300 мм. Наиболее широко применяют средние радиаторы (рис. 1).

До 90-х годов прошлого столетия выпускались также чугунные радиаторы М-140-АО. В отличие от других радиаторов в радиаторе М-140-АО имелось межколонное оребрение, что увеличивало площадь теплопередачи отопительного прибора и повышало величину теплового потока от горячей воды к внутреннему воздуху, т.е. возрастала эффективность его работы.

Схема секции чугунного радиатора М-140-АО с наружным межколонным оребрением приведена на рис. 2.

Однако ввиду трудности выполнения санитарно-технических требований по легкой очистке наружной поверхности отопительного прибора от загрязнений (от осаждаемой пыли на оребренную поверхность), которые на горячей поверхности разлагаются с выделением вредных парогазов внутри помещений, производство радиаторов М-140-АО в 90-х годах XX века было прекращено.

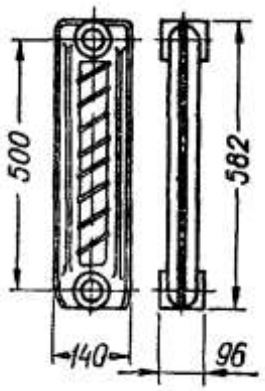


Рисунок 2. Схема секции чугунного радиатора М-140-АО

Для обеспечения легкой очистки наружной поверхности от пыли и сохранения эффективности работы чугунного радиатора нами предложено использовать съемные перегородки. Они устанавливаются шарнирно на вертикальном съемном стержне, опирающемся на наружную поверхность верхней и нижней стенки секции радиатора. Легкость очистки наружной поверхности радиатора обеспечивается возможностью их быстрого извлечения из радиатора.

Очистка поверхности перегородок, извлеченных из межколонного пространства, может осуществляться в водной среде с использованием общеприменимых синтетических моющих средств.

Схема стержня с шарнирно установленной перегородкой представлена на рис. 3, блок с шарнирными перегородками – на рис. 4.

На рис. 4 представлен извлеченный блок секции перегородок для оребрения, установленных шарнирно на вертикальном съемном стержне.

Рассмотрим устройство стержня с шарнирно установленной перегородкой (перегородками). Вертикальный металлический стержень 1 (рис. 3) из упругой нержавеющей проволоки (диаметром 5-6 мм) и высотой соответствующей внутреннему размеру секции колонок имеет на обоих концах вогнутые из плоской пластины – подошвы 1А, 1Б. Профиль верхней подошвы соответствует сферической поверхности колонки радиатора. Нижняя подошва имеет сферическую форму (изогнута) на одном конце. Крепление стержня с подошвами обеспечивается при помощи резьбового

соединения на его концах, что позволяет изменять высоту (длину) стержня, т.е. осуществлять его точную подгонку в межколонном пространстве секции радиатора, а также повороты подошвы относительно стержня. К стержню перпендикулярно приварены при помощи сварки оси шарниров из нержавеющей проволоки (диаметром 5-6 мм) на равномерном расстоянии друг от друга. Количество осей зависит от марки чугунного радиатора, так для среднего радиатора с монтажной высотой – h = 500 мм их количество составит 8 штук, что соответствует числу перегородок (рис. 2). Ось (оси) шарнира концами вставлены в ушки шарнира, которые в виде пластин с отверстиями приварены по обеим сторонам на каждой перегородке (рис. 3, 4). Перегородка в виде плоской пластины прямоугольной формы размером 55×95 мм изготовляется из листовой нержавеющей стали толщиной 1 мм. На ее передней и задней части выполнены вырезы эллипсоидной формы, соответствующие профилю колонок секции радиатора при расположении пластины (перегородки) под углом 45°. Для пропуска стержня через перегородку на ее поверхности имеется сквозное отверстие в виде эллипса, которое позволяет изменять положение перегородки в пространстве относительно стержня при загрузке в радиатор.

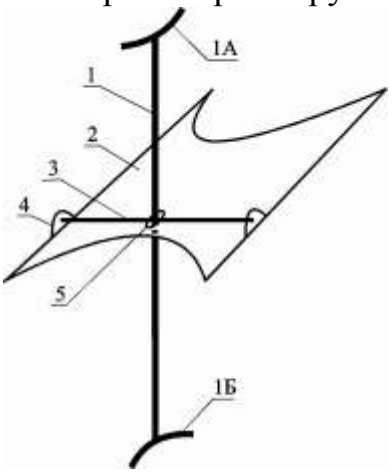


Рисунок. 3. Схема стержня с шарнирной перегородкой: 1 - стержень; 1А – верхняя подошва стержня; 1Б – нижняя подошва стержня; 2 – перегородка; 3 – ось шарнира; 4 – ушко шарнира; 5 – отверстие для стержня

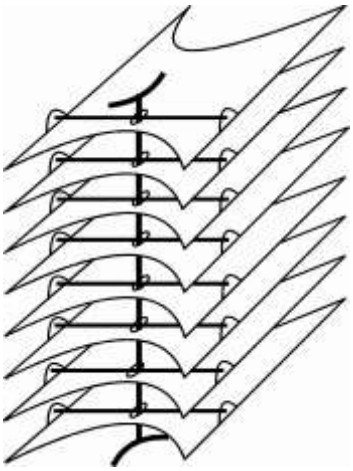


Рисунок. 4. Блок секции с шарнирными перегородками

Рассмотрим процесс загрузки (установки) и извлечения перегородок для межколонного оребрения секции чугунного радиатора.

Перед загрузкой верхняя и нижняя подошва 1А, 1Б стержня устанавливаются параллельно оси шарнира 3 (рис. 3) (для этого, как указано выше, крепление подошв со стержнем предусмотрено резьбовым). Всей группе перегородок, установленных шарнирно на вертикальном съемном стержне (рис. 4), придают положение близкое к вертикали путем их прижима к внешней боковой поверхности радиатора (рис. 1). Затем всю группу перегородок вводят в межколонное пространство, сохраняя прижим

к их поверхности. Сначала верхнюю подошву, путем поворота на 90 градусов, устанавливают перпендикулярно оси шарнира, потом аналогично поступают с нижней подошвой. При этом вся секция перегородок пружинно стыкуется с передней и задней стенками с поверхностью колонок радиатора за счет некоторого поджима задних кромок перегородок при помощи стержня.

Для извлечения перегородок из межколонной секции чугунного радиатора снимают с упора нижнюю подошву путем наклона в сторону и отвода вниз нижнего конца стержня с последующим прижимом всех перегородок к поверхности колонок и их поворотом, извлекают перегородки наружу.

Таким образом, устраняется основная причина снятия с производства эффективного отопительного прибора – чугунного радиатора М-140-АО.

Литература:

1. *Тихомиров К.А., Сергеенко Э.С. Теплотехника, теплоснабжение, отопление и вентиляция. – М.: Стройиздат, 1991. – 480 с.*
2. *Крупнов Б.А., Шарафадинов Н.С., Крупнов Д.Б. Руководство по проектированию систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – Москва-Вена, 2006. – 216 с.*

УДК 656.135

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ

***А.А. Власов**, канд. тех. наук, доцент кафедры «Организация и безопасность движения»*

***И.А. Пильгейкина**, аспирант кафедры «Организация и безопасность движения»*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Одним из основных расчетных параметров транспортного потока, используемых при расчете режимов регулирования, является поток насыщения. Под данным термином понимается средняя установившаяся интенсивность разъезда очереди транспортных средств на регулируемом пересечении при условии, что процесс отъезда является установившимся, а время разрешающего сигнала бесконечным.

Согласно методике ОДМ 218.2.020-2012 [1] значение потока насыщения S для группы полос в конкретных дорожных условиях определяется по формуле:

$$S = S_0 \cdot n \cdot f_{ш} \cdot f_{у} \cdot f_{п} \cdot f_{А} \cdot f_{Т} \cdot f_{Н} \cdot f_{лп} \cdot f_{пп} \cdot f_{Лпеш} \cdot f_{Ппеш}, \quad (1)$$

где *So* – идеальный поток насыщения, прив.авт./ч; *n* – количество полос движения в составе группы; $f_ш$ – коэффициент, учитывающий ширину полосы движения; $f_у$ – коэффициент, учитывающий продольные уклоны; $f_п$ – коэффициент, учитывающий наличие уличных стоянок; f_A – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые останавливающимися на остановках автобусами; $f_Т$ – коэффициент, учитывающий тип территории; $f_Н$ – коэффициент, учитывающий неравномерность загрузки полос движения; $f_{лп}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими налево транспортными средствами в составе группы полос; $f_{пп}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые поворачивающими направо транспортными средствами в составе группы полос; $f_{Лпеш}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте налево; $f_{Ппеш}$ – коэффициент, учитывающий помехи, создаваемые пешеходами при повороте направо.

В приведенной ранее формуле (1) в основном учитываются постоянные характеристики условий движения. Однако, при расчете режимов работы светофорных объектов в автоматизированных системах управления дорожным движением (АСУДД) возникает необходимость учета и влияния погодно-климатических условий, особенно в осенне-зимний период. Изменение погодно-климатических условий может вести к изменению пропускной способности в довольно широких пределах.

Суммарное влияние погодно-климатических факторов сводится к уменьшению скорости движения транспортных средств. Методика оценки влияния погодно-климатических факторов на динамику транспортного потока предложена А.П. Васильевым [1]. Она основывается на сравнении безопасной скорости движения в данных условиях $v_ф$ с максимальной безопасной скоростью в эталонных условиях $v_э$. Отношение указанных скоростей получило название коэффициента обеспечения расчетной скорости $K_{р.с.}$. Допустимая скорость движения при воздействии нескольких факторов определяется по следующей формуле:

$$v_{free,m} = f\left(K_{pc\ X1}, K_{pc\ X2}, ..., K_{pc\ Xn}\right) \cdot v_{\max,m}. \qquad (2)$$

где $K_{pc\ Xn}$ – частный коэффициент обеспечения расчетной скорости для фактора *Xn*; *f*( ) – функция связи между частными коэффициентами обеспечения расчетной скорости.

В простейшем случае функция *f*( ) описывается мультипликативной моделью:

$$f\left(K_{pc\ X1}, K_{pc\ X2}, ..., K_{pc\ Xn}\right) = \prod_{i=1}^{n} K_{pc\ Xi}. \qquad (3)$$

Проведение натурных исследований влияния погодно-климатических условий на улично-дорожной сети сопряжено со значительными временными и материальными затратами, в связи с чем данное исследование прово-

дилось с использованием микроскопического имитационного моделирования «Simulation of Urban MObility» (SUMO). Данная среда моделирования изначально разрабатывалась с целью создания инструментария для исследователей транспортного потока, алгоритмов управления. SUMO включает среду моделирования и пакет программ, необходимых для подготовки модели. Методика калибровки имитационной модели приведена в работе [3].

Поток насыщения должен быть определен с учетом наличия сформированной очереди транспортных средств (рисунок 1). Величина потока насыщения *gsi* для каждого обследованного интервала определена как:

$$q_{Si} = \frac{3600 \cdot n_i}{t_{Fi}}; \quad (4)$$

где *gsi* – поток насыщения *i*-ой колонны, авт/ч; *ni* – число транспортных средств, въехавших на перекресток в течение зеленого и желтого сигналов, авт; *tFi* – действительное время зеленого сигнала, с.

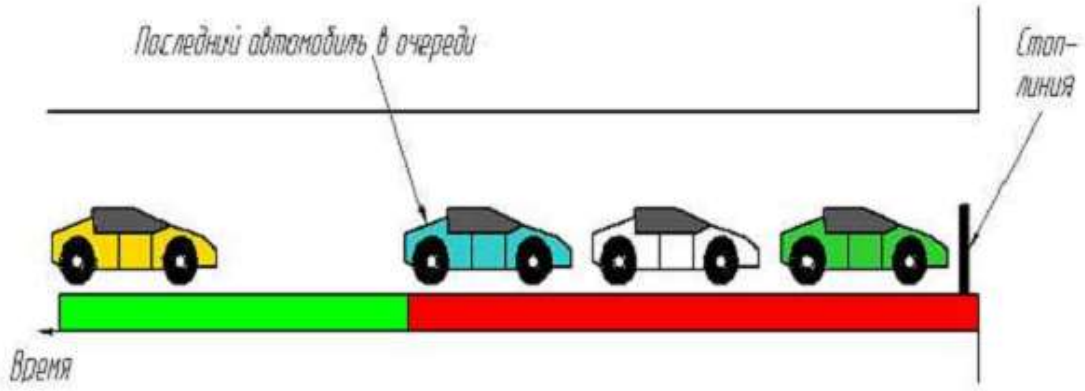


Рисунок 1. Определение последнего автомобиля в очереди, характеризующего момент разъезда очереди

Для моделирования влияния указанных факторов разработана имитационная модель (рисунок 2) со следующими параметрами:

- количество полос движения – 1;
- разрешенная скорость движения по полосе варьировалась на уровнях 60, 40 и 20 км/ч;
- интенсивность движения составляла 800 авт/ч, что позволяет сформировать достаточную очередь автомобилей перед стоп-линией.

Для регистрации величины потока насыщения на полосе в районе стоп-линии размещен детектор транспорта, имитирующий работу петлевого детектора транспорта. В SUMO виртуальный детектор транспорта позволяет регистрировать параметры транспортного потока с предустановленным периодом агрегирования. При проведении исследования он составлял 5 с.

В результате моделирования создавались файлы отчета в формате xml, которые затем импортированы в Excell для дальнейшей обработки.

Динамика разъезда очереди в виде гистограмм приведены на рисунках 3-5.

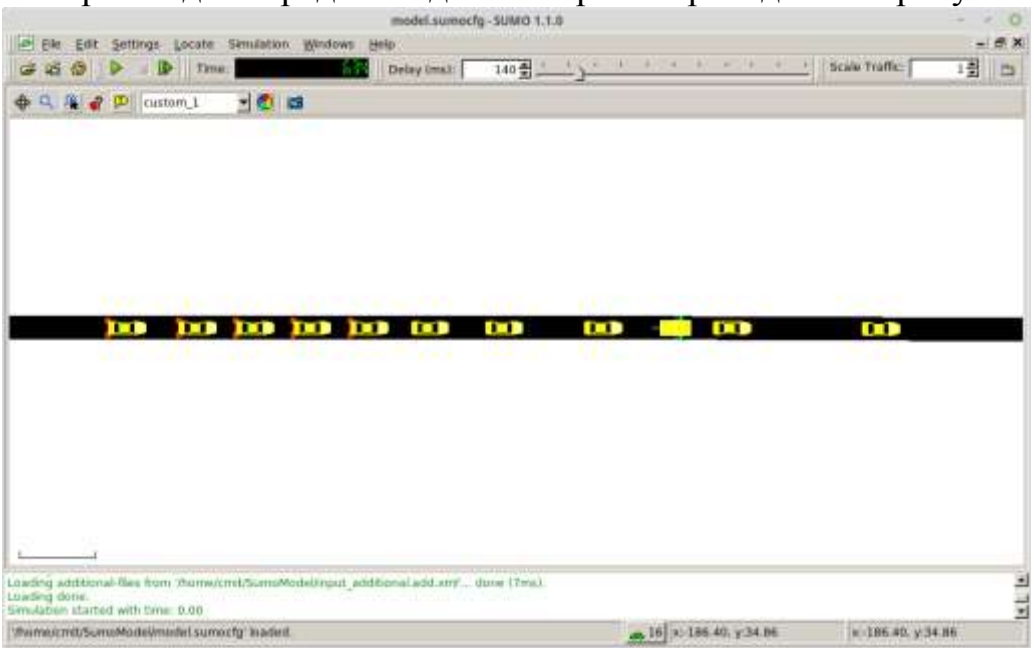


Рисунок 2. Имитационная модель для проведения исследований

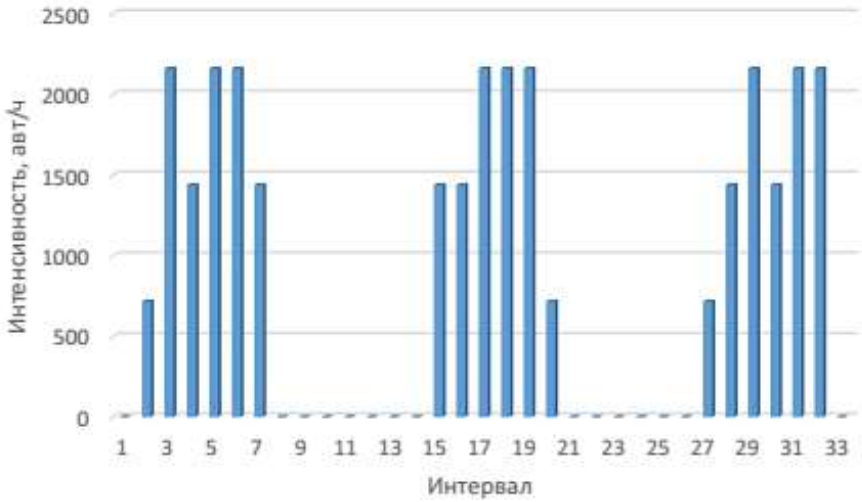


Рисунок 3. Динамика разъезда очереди при Vfree=60 км/ч

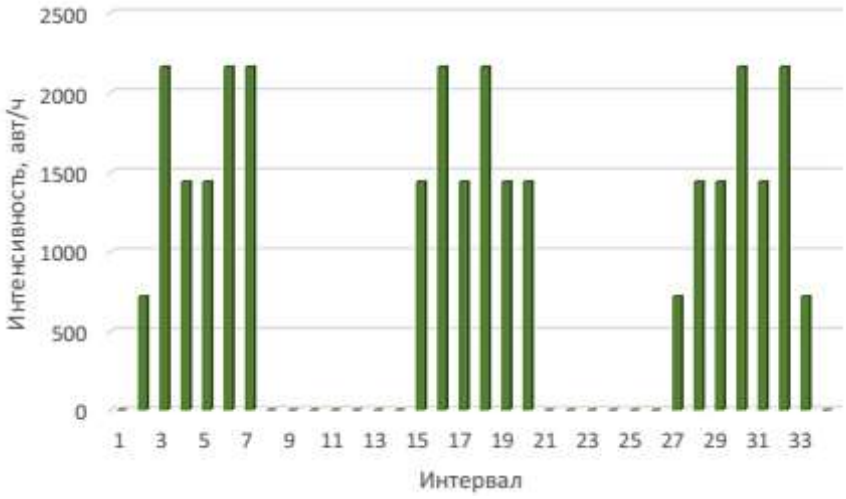


Рисунок 4. Динамика разъезда очереди при Vfree=40 км/ч

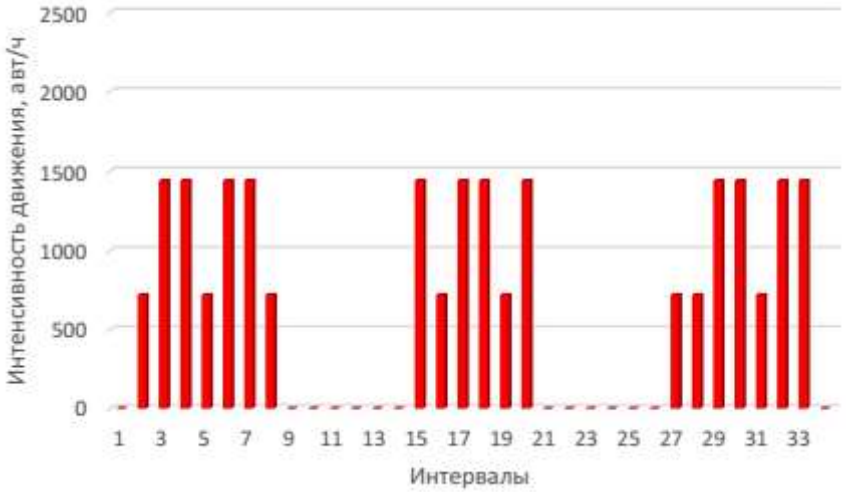


Рисунок 5. Динамика разъезда очереди при Vfree=20 км/ч

Обработка результатов позволила получить регрессионную модель зависимости величины потока насыщения от ограничений скорости движения по погодно-климатическим условиям движения (рисунок 6).

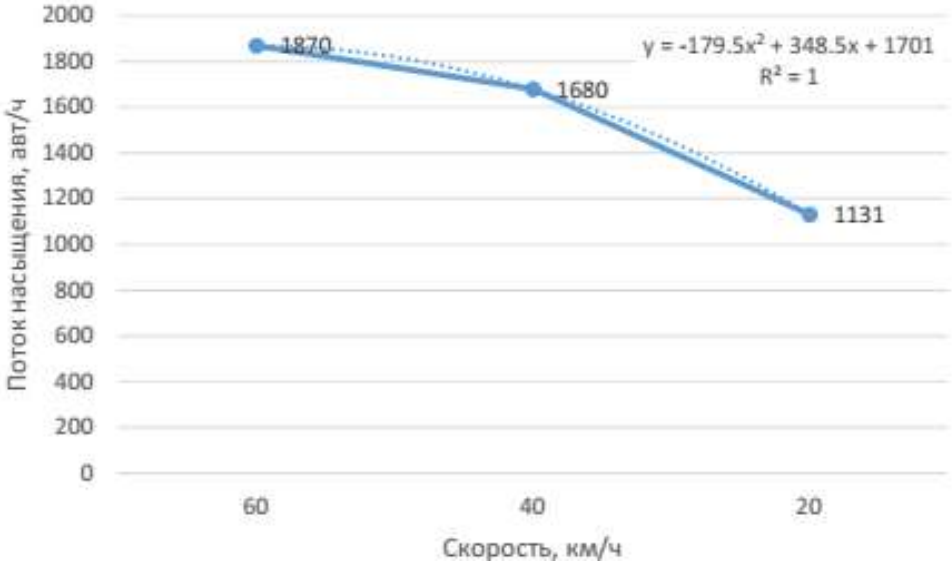


Рисунок 6. Зависимость потока насыщения от ограничений скорости свободного движения

Полученная модель статистически значима и позволяет учитывать снижение средней скорости транспортного потока в результате влияния погодно-климатических или иных факторов.

Литература:

1. *ОДМ 218.2.020-2012 Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог.*
2. *Васильев А.П. Управление движением на автомобильных дорогах/ А.П. Васильев, М.И. Фримштейн. М.: Транспорт, 1979. - 296 с.*
3. *Горелов А.М. Калибровка микроскопических моделей в задачах управления транспортными системами городов / Горелов А.М., Орлов Н.А., Власов А.А. // Региональная архитектура и строительство. 2014. № 1. С. 175-180.*

УДК 691.327:666.972.55:628.477.6:676

УТИЛИЗАЦИЯ СКОПА В ТЕХНОЛОГИИ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА

***П.В. Волков**, студент*
***В.А. Береговой**, д-р. техн. наук, зав. кафедрой «Технологии строительных материалов и деревообработки»*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В настоящее время многотоннажные отходы целлюлозно-бумажной промышленности в виде скопа зачастую вывозятся в отвалы или складируются на полигонах, ухудшая экологическую обстановку близлежащих районов. Вместе с тем, известно, что вторичные целлюлозосодержащие материалы могут быть утилизированы в технологиях современных дорожно-строительных материалов [1].

В статье рассматривается возможность использования скопа в качестве стабилизирующей добавки для щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей. По причине повышенного содержания щебня (75…80%) этот тип бетона имеет улучшенные показатели водонепроницаемости, сдвигоустойчивости и рекомендуется к применению на автомагистралях с высокой интенсивностью движения.

Стабилизирующие добавки обеспечивают однородность структуры смеси, увеличивают толщину битумных пленок, препятствуя их стеканию в процессе приготовления и укладки. В качестве стабилизаторов часто используют целлюлозные, полимерные, стеклянные или минеральные волокна [2]. Наибольшее распространение получили добавки, выпускаемые под марками «Technocel», «Viatop», «Topcel», «Antrocelas» и др.

Составы промышленных добавок различаются по содержанию волокон, битума, модификаторов, способу формования:

- «Technocel» содержит 75% целлюлозного волокна влажностью 6% с преимущественной длиной менее 800 мкм;
- «Topcel» – это спрессованные гранулы из волокон целлюлозы с влажностью 6 %;
- «Viatop» и «Antrocelas» – это гранулированные добавки, изготовленные из целлюлозных волокон и битума. Добавка «Viatop» имеет несколько разновидностей, различающихся по процентному соотношению битум/целлюлоза (содержание битума варьируется от 10% до 35%). Например, наиболее используемая добавка «Viatop 66» содержит 65…70% целлюлозных волокон со средней длиной 1,1 мм и толщиной 45 мкм;

– Antrocelas также имеет несколько марок: «Antrocel-P» – целлюлозные волокна без добавок, продукт переработки бумажного вторсырья; «Antrocel-G» – гранулированное целлюлозное волокно, связанное с битумом, взятым в количестве 20%; «Antrocel-GA» – гранулы целлюлозных волокон в связке с ПАВ, взятым в количестве 20%.

При изготовлении указанных стабилизирующих добавок используется целлюлоза или отход производства целлюлозы. С целью удешевления стоимости стабилизаторов целесообразно рассмотреть возможность использования для этих целей отходов производства бумаги, которые содержат в своем составе значительные количества целлюлозных волокон. К таким отходам относится скоп.

В состав скопа входят компоненты, используемые для получения бумаги – волокна растительного происхождения, которые выделяют из древесины хвойных и лиственных пород. Основным компонентом растительных волокон является природный полимер – целлюлоза. Целлюлоза имеет цепевидное строение молекул, фибриллярную структуру, высокую прочность и стойкость к химическим и температурным воздействиям, обладает гидрофильностью и способностью набухать в воде [3].

Упрощенно схема производства бумаги выглядит следующим образом. Волокнистые материалы измельчают в присутствии воды и добавляют корректирующие добавки: наполнители, клеи и окрашивающие вещества. В качестве наполнителей чаще всего используют каолин, мел, тальк, соединения титана. Подготовленную бумажную массу сильно разбавляют водой, подвергают очистке от посторонних загрязнений и направляют на сетку бумагоделательной машины.

При формовании бумажного полотна происходит частичное вымывание водой составляющих исходной сырьевой смеси. Часть отходящей воды используют для технологических нужд, а избыточную часть направляют в улавливающую аппаратуру для отделения твердой фазы или в отстойники. Образующийся при этом глиноподобный осадок называют скопом. Влажность осадка в отстойниках или после улавливающей аппаратуры составляет 60…90%, содержание целлюлозы (в пересчете на сухое вещество) – 40…80%, минеральных компонентов 14…60% [4].

Таким образом, скоп представляет собой волокна целлюлозы с примесями лигнина и небольшого количества соединений титана, железа, натрия, калия, магния, кальция и др. Волокно по объему составляет до 90 % от объема скопа, pH = 5,9…6,5. Волокна целлюлозы в скопе имеют длину до 250 мкм, толщину – до 5 мкм.

Обоснование пригодности стабилизирующей добавки устанавливается по результатам испытаний согласно ГОСТов 12801-98; 31015-2002. Анализ литературы позволил сформулировать требования к

стабилизирующей добавке на основе целлюлозного волокна, указанные в табл. 1.

Таблица 1

Требования к целлюлозному волокну [1…5]

Наименование показателя	Значение
Влажность, % по массе, не более	6,0…8,0
Термостойкость при температуре 220 °С по изменению массы при прогреве, %, не более	5,0…7,0
Содержание волокон длиной 0,1…2,0 мм, %, не менее	80…85
Зольность в общей массе, %	1,5…5,0
Толщина волокон, мкм	20…150

Обоснование возможности использования отходов целлюлозно-бумажной промышленности в качестве стабилизирующей добавки для ЩМА было сделано на основании анализа сведений из патентных и научно-технических источников. Он показал, что к настоящему времени разработан ряд стабилизирующих добавок с компонентами, сходными по составу со скопом. Среди них можно выделить следующие:

1. Гранулированная добавка, разработанная в БелГТУ [5], и состоящая из измельченных целлюлозно-бумажных отходов (70…80%), известнякового порошка (10…15%) и пластификатора (10…15) – отработанное синтетическое машинное масло;

2. Стабилизирующая добавка (патент RU №2458950, МПК7 C08L 95/00, C08L 91/00, C08K 13/02), включающая органическое вяжущее, структурообразователь, NaOH и воду. В качестве органического вяжущего используется отход масложирового производства, а в качестве структурообразователя – целлюлозное волокно;

3. Стабилизирующая добавка (патент RU №2542010, МПК7 C04B 26/26, C04B 14/28, C04B 18/24), включающая органическое вяжущее, структурообразователь, известняковый минеральный порошок и воду. В качестве пластификатора добавка содержит парафин, а в качестве структурообразователя – целлюлозно-бумажные отходы.

Исходя из особенностей скопа, стабилизирующую добавку предполагается изготавливать следующим образом.

- измельчение сырья до удельной поверхности 4000…6000 см^2/г;
- высушивание и измельчение минерального порошка (доломит);
- смешение всех компонентов;
- введение в полученную массу модификатора (отработанное синтетическое машинное масло, парафин и т.п.);
- нагрев и введение легкоплавкого битума;

– компактирование сырьевой массы с помощью пресс-гранулятора.

Применение скопа в роли основного компонента структурирующей добавки, значительно снижает ее стоимость, способствует улучшению экологической обстановки в местах размещения целлюлозно-бумажных производств, а также повышению качества асфальтобетонных смесей.

Литература:

1. *Баталин Б.С., Козлов И.А. Строительные материалы на основе скопа – отхода целлюлозно-бумажной промышленности//Строительные материалы. 2004, №1. С. 42-43.*
2. *Костин В.И. Щебеночно-мастичный асфальтобетон для дорожных покрытий. – Н.Н.: ННГАСУ, 2009. – 65 с.*
3. *Иванов С.Н. Технология бумаги. – М.: Школа бумаги. 2006, 696 с.*
4. *Наназашвили И.Х., Харатишвили И.А. Прогрессивные строительные материалы. – М. Стройиздат: 1987, 230 с.*
5. *Пат. 2541975 РФ, МПК С 04 В 26/26, С 04 В 111/27. Щебеночно-мастичная асфальтовая смесь / Василовская Г.В., Шевченко В.А., Назиров Р.А. – Заявл. 5.03.2014; опубл. 20.02.2015.*

УДК 624(154.5+155.113.3)

ФУНДАМЕНТЫ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ В УСЛОВИЯХ СТЕСНЕННОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

***В.С. Глухов**, доцент, канд. техн. наук, зав. кафедрой геотехники и дорожного строительства*

***П.К. Гаврилов**, студент направления 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

С учётом характерных особенностей 33-этажного жилого дома и инженерно-геологических условий площадки строительства в г. Москве, авторами рассмотрены два наиболее оптимальных варианта фундаментов. Актуальность работы обусловлена стесненностью городской застройки, что и положено в основу выбора вариантов фундаментов.

Наряду с указанным, особенность площадки строительства заключается в наличии в основании с поверхности двух слоев слабых грунтов. Почвенно-растительный слой толщиной 1,0 м подстилается слоем глины мощностью 8,0 м с модулем деформации 7,0 МПа, углом внутреннего трения 6° и удельным сцеплением 9,0 кПа. Ниже залегает слой суглинка толщиной 9,0 м с модулем деформации 7,0 МПа, углом внутреннего трения 14°, удельным сцеплением 10,0 кПа. Указанные слои подстилаются песком мелким с модулем деформации 24,0 МПа (табл. 1).

Таблица 1

Физико-механические характеристики грунтового основания

Наименование грунта	γ, кН/м^3	ρ_s, кН/м^3	ρ_d, кН/м^3	W, %	W_L, %	W_P, %	I_P	I_L	e	S_r	φ,	C, кПа	E, МПа
Почвенно-растительный слой	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Глина	17,8	26,9	13,2	35	46	25	21	0,48	1,04	0,9	6	9	7
Суглинок	19,2	26,9	15	28	36	22	14	0,43	0,79	0,9	14	10	7
Песок мелкий	17,4	26,7	13,5	29	-	-	-	-	0,98	0,7	30	-	24

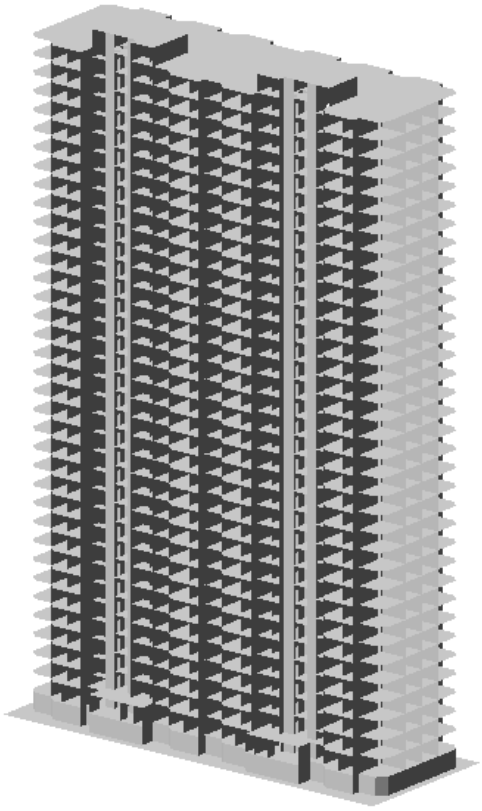
Жилой 33-этажный дом представляет собой монолитное здание точечного типа с безригельным каркасом с размерами в плане 26,0 × 75,0 м. Суммарная нагрузка от здания в уровне подошвы плиты ростверка порядка N_I = 127 000 тс. При рассмотрении варианта фундамента в виде сплошной плиты с размерами в плане 29,0 × 78,0 = 2 250 м^2 давление под подошвой последней P = 56,0 тс/м^2.

Авторами с использованием программного комплекса «ЛИРА-САПР» с учетом пространственной модели здания и фундаментной плиты (рис. 1), выполнены расчёты железобетонной монолитной плиты и определены деформации грунтового основания. Суммарная расчётная осадка жилого дома составила S = 35,0 см, что практически в два раза превышает допустимую осадку S_u = 18,0 см [1].

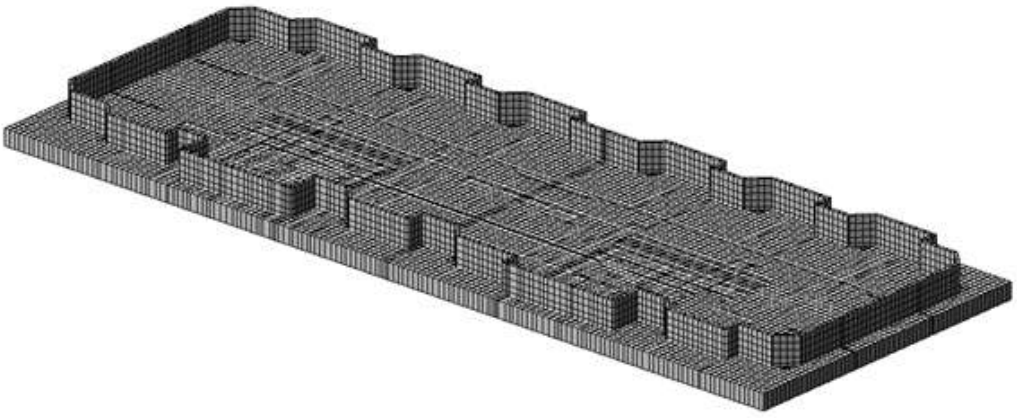
Традиционно принято, что, если с поверхности залегают слабые слои грунтов, следует применять свайные варианты фундаментов. Учитывая стесненность площадки, наиболее приемлемыми вариантами свайных фундаментов можно считать буровые сваи с уширением, устраиваемые по технологии п.6.5 [2] и вдавливаемые железобетонные сборные сваи.

По первому варианту принимаем буровые сваи диаметром ствола d = 1,0 м, с диаметром уширения D_y = 2,0 м и общей длиной l = 20,0м (рис. 2а). Объем сваи составляет 17,0 м^3. Уширение располагается в слое песка средней крупности. Расчётное сопротивление последнего под уширением порядка R = 272 тс/м^2. Расчётно-допускаемая нагрузка на сваю $N_{р.д.}$ = 740 тс. Требуемое количество свай порядка 198 шт. Общий объем свай 3 366 м^3. Сметная стоимость устройства свайного поля составляет 74 050 тыс. руб.

Исходя из площади плитного ростверка A_p = 2 260 м^2, сваи следует располагать по сетке 3,3 × 3,3 м. Это обеспечивает расстояние в свету между уширениями равным 1,3 м, что превышает допустимое минимальное расстояние 1,0 м. При расстоянии между осями свай 3,3 м и значительной концентрацией вертикальной нагрузки на сваю, из условия оптимизации армирования плитного ростверка, толщина последнего принята равной 3,0 м. Общий объем ростверка порядка 6780 м^3 и стоимость устройства 108 480 тыс. руб. Итого по первому варианту сметная стоимость, включая стоимость материалов, составляет 182 530 тыс. руб.



а)



б)

Рисунок 1. Пространственные модели: а) здания, б) фундаментной плиты

Во втором варианте приняты призматические составные сваи сечением 35×35 см и длиной 18,0 м (рис. 2б). Объем сваи 2,2 м^3. Расчётная нагрузка, допускаемая на сваю $N_{р.д.}$ = 120 тс. Требуемое количество свай 1160 шт. Общий объем свай 2 552 м^3. Сметная стоимость устройства свайного поля, включая стоимость свай, составляет порядка 40 800 тыс. руб. Свайное поле сформировано по сетке 1,5×1,5 м. Учитывая указанное расстояние между осями свай и расчётную нагрузку на последние, толщина плиты принята равной 2,0 м. Объем ростверка 4 520 м^3 и стоимость

устройства 72 320 тыс. руб. Итого по второму варианту затраты на устройство фундаментов составляют 113 120 тыс. руб., что на 69 400 тыс. руб. меньше по сравнению с буровыми сваями.

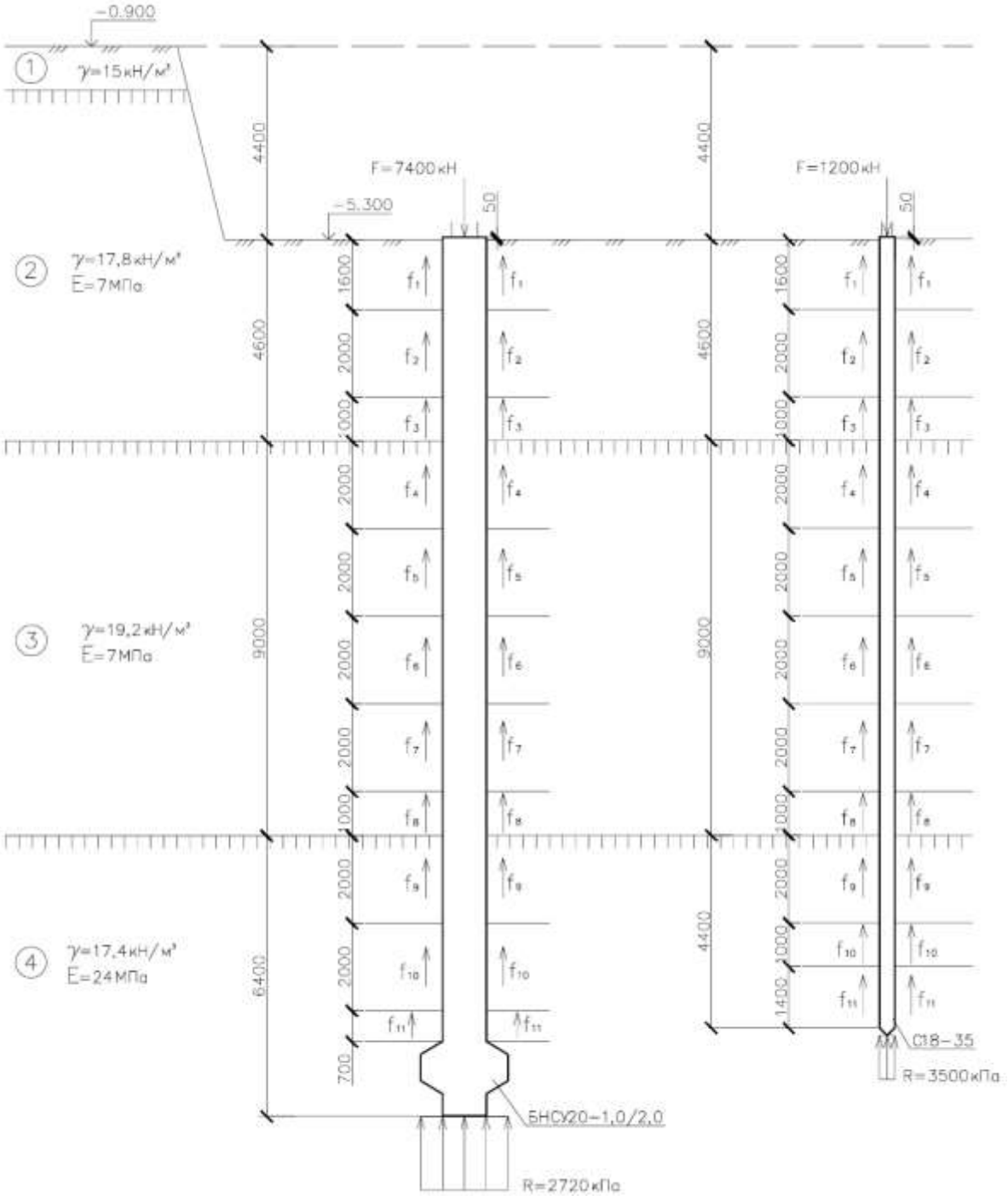


Рисунок 2. Расчётные схемы для определения несущих способностей: а) буровой, б) вдавливаемой свай

Преимущество второго варианта по стоимости обусловлено технологией устройства свай. При вдавливании призматической сваи имеет место вытеснение грунта, что обуславливает проявление эффекта уплотнения грунта под острием и вдоль боковой поверхности сваи. В уплотненных областях улучшаются строительные свойства грунта. Так

сопротивление под уширением буровой сваи R_y = 272 тс/м^2, а под острием призматической сваи R = 350 тс/м^2. Также в пользу последней отличаются и сопротивления грунта вдоль боковых граней свай.

Наряду с указанным, существенное влияние на оптимизацию фундамента, главным образом толщины плиты ростверка, оказывает расстояние между сваями.

В целом, варианты свайных фундаментов, устройство которых сопровождается вытеснением, а не извлечением грунта из скважины, всегда экономически эффективнее.

При проектировании определена осадка фундаментов из призматических свай. Расчетная осадка составила порядка 15,0 см, что меньше допускаемого значения 18,0 см для рассматриваемого типа зданий.

Литература:

1. *СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. Нормы проектирования. – М.: Минрегион России, 2016 г.;*
2. *СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. – М.: Минрегион России, 2010г.;*
3. *СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия – М.: Минстрой России, 2016 г.;*
4. *Берлинов М. В. Основания и фундаменты. Учеб. для строительных специальностей вузов. – 3-е изд., стер.: – М.: Высш. шк. 1999;*
5. *Даламтов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты. – 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, 1998;*

УДК 628.16

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ Г. ПЕНЗЫ

Б.М. Гришин, *профессор, д-р техн. наук, зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения и гидротехники*
О.В. Ирышкова, *студентка группы СТ2-33*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В России около 20-30% общей выработки электроэнергии приходится на энергопотребление насосными агрегатами, компрессорами и воздуходувными установками [1, 2]. На предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства затраты электроэнергии этими устройствами зачастую достигают 80% объема всей потребляемой энергии. Как правило, не на всех объектах ВКХ установлено современное экономическое оборудование, гораздо чаще встречаются насосные агрегаты с завышенными рабочими характеристиками (производительность, напор), имеющие большой физический износ рабочих колес, электродвигателей и запорно-предохранительной арматуры [3].

Для реализации энергосберегающих мероприятий по обеспечению экономичных режимов эксплуатации насосов рекомендуется следующее:

- замена группы малопроизводительных насосов более производительными;
- замена насоса, гидравлическая характеристика сети которого не соответствует его паспортным данным;
- повышение КПД насосов до их паспортных значений путем установки новых уплотнений в сочетании с тщательной балансировкой рабочих колес;
- замена агрегатов, передача вращающего момента на вал которых от вала двигателя осуществляется через редуктор или клиноременную передачу. Замена осуществляется на насосы, у которых рабочее колесо находится непосредственно на валу двигателя (в результате чего устраняются потери энергии в передаче);
- осуществление автоматизированного управления работой насосного оборудования для достижения максимально возможной загрузки насосов;
- регулирование производительности насосов изменением частоты вращения рабочего колеса с помощью частотно-регулируемого электропривода;
- при отсутствии регулятора частоты регулирование производительности насосной установки или станции может выполняться не только с помощью дроссельных заслонок (задвижек или вентилей и т.п.), но и путем ступенчатого включения-выключения параллельно установленных насосов меньшей производительности.

Сотрудниками кафедры «Водоснабжение, водоотведение и гидротехника» Пензенского ГУАС были проведены исследования по работе левобережной главной насосной станции канализации (ЛГНСК) г. Пензы. На ЛГНСК г. Пензы поступают сточные воды из центра города, районов «Тепличный», «Южная поляна», «Набережная р. Мойки», а также с района Дизельного завода и ул. Урицкого. Стоки перекачиваются на ОСК г. Пензы. В работе находится 1 насос СДВ 2700/26,5, в резерве – насосы СДВ 2700/26,5 – 3 шт. и ФГ 800/32 – 2 шт. Расходомеры на ЛГНСК отсутствуют. В режиме максимальной подачи насосы работают 9-10 ч в сутки, остальное время – с дросселированием задвижек и открытой байпасной линией.

Исходные данные для расчета насосов ЛГНСК:

- длина трубопровода от ЛГНСК до ОСК l=2 842 м;
- в том числе длина участка d 1200 l_1=267 м;
- длина участка d 1400 l_1=2 575 м;

– геометрическая отметка верха приемной камеры ОСК Z_1=144,7 м;
– геометрическая отметка оси насоса ЛГНСК $Z_н$=128,5 м;
– материал трубопровода – сталь.

Характеристика трубопровода (Q-$H_{тр}$) строится по следующей зависимости:

$$H=H_г+SQ^2=H_г+\Delta h, \quad (1)$$

где H – требуемый напор в конце трубопровода, м;
$H_г$ – геометрический напор, м;
S –сопротивление трубопровода, $с^2/м^5$;
Q – расход, $м^3/с$;
$\Delta h=SQ^2$ – потери напора в трубопроводе, м.

Сопротивление трубопровода определяется по формуле

$$S = K \cdot A \cdot l = K\sum_{i=1}^{n} A_i \cdot l_i \quad (2)$$

где A – удельное сопротивление, $с^2/м^6$;
l – длина трубопровода, м;
A_i – удельное сопротивление i-го участка, $с^2/м^6$;
l_i – длина *i*-го участка трубопровода, м;
К – коэффициент запаса на неквадратичность сопротивления, коррозию и отложения в трубах, К=1,5.

Величина удельного сопротивления А определяется по таблицам Ф.А. Шевелева.

Для труб d 1200 A_1=0,00065, для труб d 1400 A_2=0,00029.

Суммарное сопротивление двух участков:

$S=1,5(A_1 \cdot l_1+A_2 \cdot l_2)=1,5\ (0,\ 00065 \cdot 267+0,00029 \cdot 2\ 575)= 1,38\ с^2/м^5$.

Построим характерные точки для трубопровода.

Геометрическая высота подъема воды:

$$H_г= Z_1-Z_н=144,7-128,5=16,2 \text{ м}.$$

Определяем потери напора и требуемый напор по формуле (1).

При Q_1 = 0,3 $м^3/с$	Δh_1 =0,12 м	H_1 = 16,32 м
Q_2 = 0,6 $м^3/с$	Δh_2 = 0,5 м	H_2 = 16,7 м
Q_3 = 0,9 $м^3/с$	Δh_3 = 1,1 м	H_3 = 17,3 м
Q_4 = 1,1 $м^3/с$	Δh_4 = 1,6 м	H_4 = 17,8 м

По данным точкам (Q_i, H_i) строим характеристику трубопровода и определим параметры точки пересечения кривых Q-$H_{тр}$ и Q-$H_{насоса}$ (точка А, рис. 1).

H_A=17,7 м, Q_A= 3850 $м^3/с$, η=62-63%.

По данным ООО «Горводоканал» г. Пензы рабочий насос СДВ 2700/26,5 на ЛГНСК должен подавать сточные воды с расходом Q=2 700 $м^3/ч$ при максимальных значениях к.п.д. Фактически насос работает с

завышенным расходом, низким к.п.д., и, следовательно, нерациональным энергопотреблением.

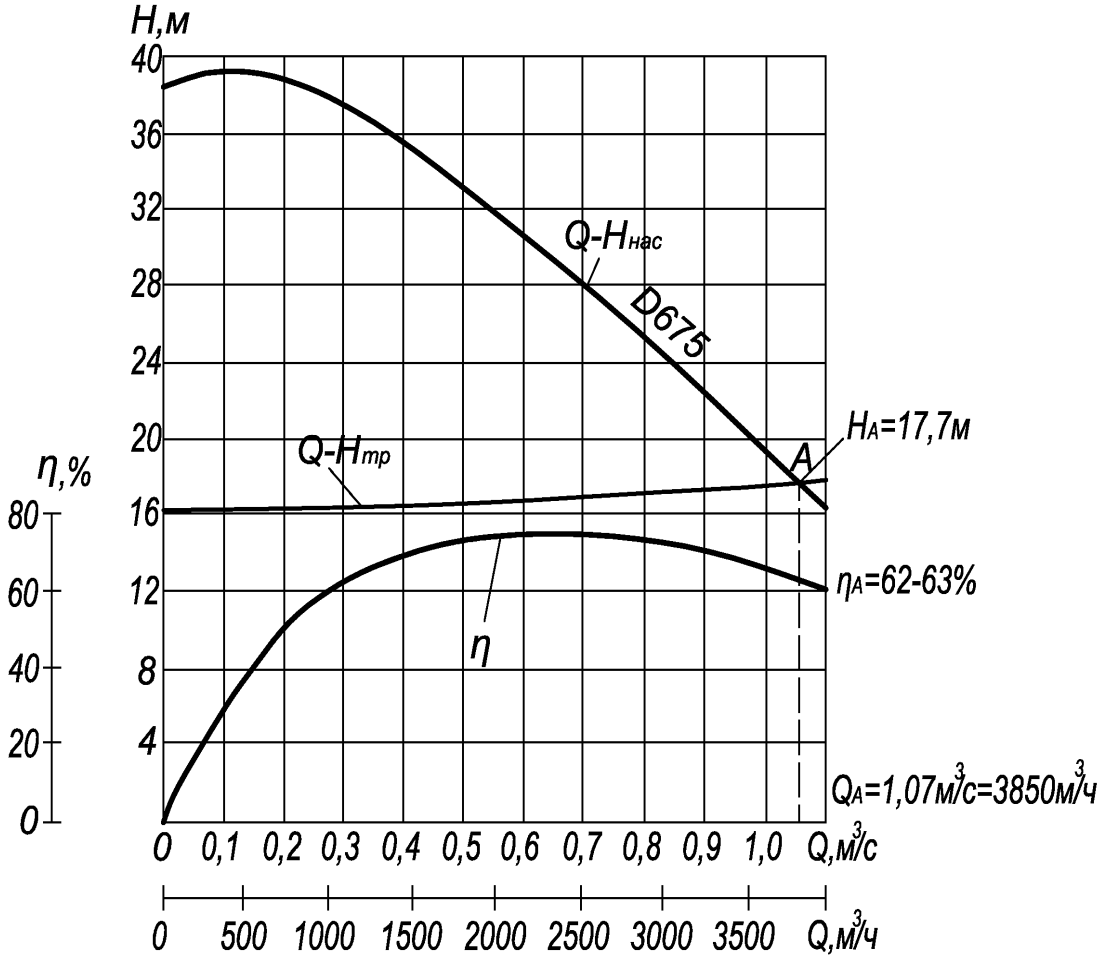


Рисунок 1. Совместные характеристики трудопроводов и насоса СДВ 2700/26,5 для ЛГНСК

Предлагаемые мероприятия по энергосбережению

1 вариант. Замена насоса СДВ 2700/26,5 с мощностью электродвигателя N=400 кВт на насос фирмы Wilo марки FA 50.98 V.

Установка насоса – сухая с вертикальным валом.

При $Q_ф$=3 500 м^3/ч и $H_ф$=17,5 м рекомендуемая мощность двигателя насоса WiloN_1=230 кВт, n=740 мин$^{-1}$ (с учетом возможного увеличения производительности станции на 30%).

Годовая экономия электроэнергии

$$\Delta Э=(N-N_1)t_{год}, \qquad (3)$$

где $t_{год}$ – расчетное время работы насосов СДВ 2700/26,5 на ЛГНСК, $t_{год}$=8000 час.

По 1 варианту

$\Delta Э=(400-230)\cdot 8\,000 = 1\,360\,000$ кВт·ч.

2 вариант. Замена насоса СДВ 2700/26,5 на насос фирмы Grundfos марки S3.145.500.2500.10.L806. При $Q_ф$=3 500 м^3/ч и $H_ф$=17,5 м

рекомендуемая мощность двигателя насоса Grundfos N_1=250 кВт, n=593 мин$^{-1}$.

Установка насоса – сухая горизонтальная.

Годовая экономия электроэнергии по (3) для второго варианта составит:

ΔЭ=(400-250)·8 000 = 1 200 000 кВт·ч.

Так как поступление сточных вод на ЛГНСК в течение суток неравномерное, то насосы рекомендуется оснащать частотными преобразователями. Ориентировочный режим работы насосов ЛГНСК:

- максимальная подача ($Q_ф$=2 700 м^3/ч, К=1) – 9-10 ч в сутки;
- сниженная подача К=0,8-0,9 – 10 ч в сутки;
- минимальная подача К=0,5-0,7 – 4-5 ч в сутки.

Литература:

1. *Игнатчик С.Ю. Энергосбережение и обеспечение надежности при реконструкции канализационных насосных станций [Текст] / С.Ю. Игнатчик. – М: Водоснабжение и санитарная техника, 2012, № 12.*
2. *Битиев А.В. Сокращение удельных затрат электроэнергии на водоотведение [Текст] / А.В. Битиев, С.А. Стрельцов, М.Г. Хамидов. – М.: Водоснабжение и санитарная техника, 2011, № 3.*
3. *Лезнов Б.С. Методика оценки эффективности регулируемого электропривода в насосных установках водоснабжения и водоотведения [Текст] / Б.С. Лезнов. – М.: Водоснабжение и санитарная техника, 2011, № 5.*

УДК 628.16

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОПРОВОДА ПЛ. «ПОДГОРНАЯ»

Б.М. Гришин, *профессор, д-р техн. наук, зав. кафедрой водоснабжения, водоотведения и гидротехники*

Е.А. Антонова, *аспирантка кафедры водоснабжения, водоотведения и гидротехники*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В последнее десятилетие финансовое и техническое состояния большинства коммунальных предприятий г. Пензы постоянно ухудшается. Это приводит к снижению качества предоставляемых услуг в сфере водоснабжения и водоотведения (далее – ВВ), что, в свою очередь, неизбежно ухудшает качество жизни и здоровье населения.

На рубеже нового тысячелетия проблема рационального использования энергетических ресурсов становится определяющей для стабилизации, как отдельных предприятий, так и российской экономики в

целом. Для предприятий, готовящих воду для потребителей, большое значение уделяется сокращению энергетических затрат при очистке воды. Одним из путей решения этой проблемы является замена водяной промывки фильтров водовоздушной промывкой.

На очистных сооружениях водоподготовки (ОСВ) площадки «Подгорная» ООО «Горводоканал» г. Пензы площадь скорых фильтров составляет для 1 блока от 17,0 до 25 м^2 (8 фильтров), для 2 блока от 30,5 до 32,8 м^2 (4 фильтра), для 3 блока от 31,0 до 33,0 м^2 (4 фильтра), для 4 и 5 блоков – по 43,2 м^2 (12 фильтров). Высота фильтров Н=4,5 м. Интенсивность промывки фильтров составляет 15-17 л/с·м^2, время промывки 6-10 минут (по сезонам года). Количество промывок в сутки для каждого фильтра – 1. Промывная вода подается насосом Д 3200-33/2 ($Q_н$=2500 м^3/ч, $Н_н$=17 м), расположенным в НСВ «2-го подъема Подгорная». Мощность двигателя насоса Д 3200-33/2 N=160 кВт. Подача насоса в зависимости от площади промываемого фильтра изменяется от 980 до 2500 м^3/ч за счет дросселирования задвижки на напорном трубопроводе. Согласно характеристики насоса Д 3200-33/2 при полностью открытой задвижке подача и напор насоса ($Q_н$=2500 м^3/ч, $Н_н$=17 м), что соответствуют максимальному к.п.д. (η=83%). При промывке фильтров малой площади (17,0 м^2) расход падает до значения $Q_ч$=980 м^3/ч. В целях обеспечения требуемого напора ($Н_ч$=16,2 м) требуется дросселирование для «погашения» избыточного напора, составляющего h_d= 6,5 м. К.п.д. насоса при этом резко уменьшается и составляет не более 55%.

В соответствии с рекомендациями [1, п. 7.4] площади отдельных фильтровальных сооружений, промываемых водой и воздухом следует принимать до 40 м^2 на одно отделение (80 м^2 – на два отделения). В соответствии с [1, п. 7.11] промывку следует осуществлять в три этапа:

1-й этап – подача в загрузку воздуха для частичного разрушения скоплений взвеси в загрузке и выравнивания ее сопротивления по площади сооружения;

2-й этап – подача воздуха и воды с целью более полного разрушения скоплений взвеси и выноса основной массы загрязнений из загрузки;

3-й этап – подача воды (с большей, чем на 2-м этапе, интенсивностью) для удаления из загрузки защемленного в порах воздуха и восстановления ее пористости.

Ориентировочные параметры промывки приведены в табл. 1.

Таблица 1

Ориентировочные параметры промывки

Показатель	Этапы промывки		
	1	2	3
Интенсивность подачи, л/(с·м^2):			
воды	-	2,5-3,5	5-7
воздуха	15-20	15-20	-
Продолжительность этапа, мин	1-2	4-7	5-7

Подбор оборудования для водовоздушной промывки будем производить применительно к фильтрам блоков 4 и 5, имеющих наибольшую площадь (F_1=43,5 м^2).

На первом этапе интенсивность подачи воздуха принимаем равной ω_1=18,0 л/с·м^2 (см. табл.1). Производительность воздуходувки для данного этапа:

$$Q_{B1}= \omega_1 \cdot F_1 \cdot 3,6=18,0 \cdot 43,2 \cdot 3,6=2800 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

На втором этапе интенсивность подачи воздуха принимаем равной ω_2=18,0л/с·м^2, интенсивность подачи воды $\omega_2^{/}$=3,0 л/с·м^2. Производительность воздуходувки для данного этапа $Q_{B2}= Q_{B1}$=2800 м^3/ч.

Производительность промывного насоса для второго этапа промывки

$$Q_{н2}= \omega_2^{/} \cdot F_1 \cdot 3,6=3,0 \cdot 43,2 \cdot 3,6=467 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

На третьем этапе промывки интенсивность подачи воды принимаем $\omega_3^{/}$=6,0 л/с·м^2. Производительность промывного насоса на третьем этапе промывки

$$Q_{н3}= \omega_3^{/} \cdot F_1 \cdot 3,6=6,0 \cdot 43,2 \cdot 3,6=933 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Подбор оборудования для водовоздушной промывки фильтров:

1) Промывной насос

Производительность насоса принимаем по расчетному значению для второго этапа промывки второго этапа промывки $Q_н$= 467 м^3/ч. Напор промывного насоса принимаем равным напору, развиваемому насосом Д 3200-33/2 (Н=17 м). Для данных значений Q-H рекомендуется насос фирмы Wilo марки ASP 200A с двигателем мощностью N=30 кВт, диаметром рабочего колеса 267 мм, частотой оборотов n=1450 мин$^{-1}$, к.п.д. насоса составляет 84-85%. На третьем этапе промывки рекомендуется включение одновременно двух насосов Wilo – ASP 200A по параллельной схеме.

При промывке фильтров 1 блока, имеющих незначительные площади, расход промывной воды может снижаться на втором этапе промывки до 184м^3/ч, а на третьем этапе до 368 м^3/ч. В данном случае может быть рекомендована установка частотных преобразователей на электродвигателях насосов Wilo.

2) Воздуходувки.

Производительность воздуходувки принимаем равной Q_B=2800 м^3/ч (для первого и второго этапов промывки).

В соответствии с рекомендациями [1, п. 7.22] максимальный напор воздуходувки в пусковом режиме должен быть равен удвоенной высоте воды в фильтровальном сооружении плюс сумма потерь напора в системе h_c=1 м

$$H_{вп}=2 \cdot H_ф+h_c=9,0+1,0=10 \text{ м}.$$

Напор воздуходувки в рабочем режиме принимается равным

$$H_{вр}=H_ф+h_c=4,5+1,0=5,5 \text{ м}.$$

Для данных значений Q и H в качестве воздуходувки рекомендуется водокольцевой компрессор RVS40 фирмы Robuschi производительностью

до 1610 м^3/ч, напором до 11 м и мощностью электродвигателя 42 кВт. Схема, габаритные размеры и технические характеристики компрессора показаны на рис. 4 и в табл. 2. Для фильтров площадью более 30 м^2 количество компрессоров – 2, для фильтров площадью до 25 м^2 рекомендуется использование одного компрессора.

При одной промывке фильтров в сутки в течение $t_{пр}$=8 мин количество часов работы в год для промывного насоса Д 3200-33/2 составит

$$t = \frac{N_ф \cdot t_{пр} \cdot 365}{60} = \frac{28 \cdot 8 \cdot 365}{60} = 1363 \text{ ч},$$

где $N_ф$ – количество фильтров на станции, $N_ф$=28.

Количество электроэнергии за год, потребляемой насосом Д 3200-33/2 с мощностью электродвигателя N=160 кВт

$$Э_1 = N \cdot t = 160 \cdot 1363 = 218\,080 \text{ кВт·ч}.$$

Время работы промывных насосов Wilo – ASP 200A за год для второго этапа водовоздушной промывки составит

$$t_2 = \frac{N_ф \cdot t_{пр_2} \cdot 365}{60} = \frac{28 \cdot 6 \cdot 365}{60} = 1022 \text{ ч},$$

где $t_{пр2}$ – продолжительность второго этапа промывки, $t_{пр2}$=6 мин (см. табл. 1).

Для третьего этапа промывки

$$t_3 = \frac{N_ф \cdot t_{пр3} \cdot 365}{60} = \frac{28 \cdot 6 \cdot 365}{60} = 1022 \text{ ч},$$

где $t_{пр3}$ – продолжительность третьего этапа промывки, $t_{пр3}$=6 мин (см. табл.1).

На втором этапе промывки используется 1 насос с мощностью электродвигателя N_1=30 кВт, на третьем этапе промывки – 2 насоса.

Количество электроэнергии за год, потребляемое насосами при водовоздушной промывке:

$$Э_{вн} = N_1 \cdot t_2 + 2N_1 \cdot t_2 = 30 \cdot 1022 + 2 \cdot 30 \cdot 1022 = 30\,660 + 61\,320 = 91\,980 \text{ кВт·ч}.$$

Время работы воздуходувок (водокольцевых компрессоров) в течение первого и второго этапов водовоздушной промывки составит (табл. 1):

$$t_{прв} = 2 + 6 = 8 \text{ мин}.$$

Количество фильтров с площадью менее 30 м^2, обслуживаемых одним компрессором составляет $N_{1ф}$=8 шт. Количество фильтров с F>30 м^2, обслуживаемых двумя компрессорами $N_{2ф}$=20 шт.

Годовое время работы одного компрессора:

$$t_{1к} = \frac{N_{1ф} \cdot t_{пр_в} \cdot 365}{60} = \frac{8 \cdot 8 \cdot 365}{60} = 390 \text{ ч},$$

двух компрессоров:

$$t_{2к} = \frac{N_{2ф} \cdot t_{пр_в} \cdot 365}{60} = \frac{20 \cdot 8 \cdot 365}{60} = 974 \text{ ч},$$

Количество энергии, потребляемое компрессорами за год при мощности компрессора $N_к$=42 кВт.

$Э_{вк}=N_к \cdot t_{1к} + 2N_к \cdot t_{2к} = 42 \cdot 390 + 2 \cdot 42 \cdot 974 = 16\,380 + 81\,816 = 98\,196$ кВт·ч.

Суммарное годовое количество электроэнергии потребляемое при водовоздушной промывки:

$$Э_2 = Э_{вн} + Э_{вк} = 91\,980 + 98\,196 = 190\,176 \text{ кВт·ч.}$$

Годовая экономия электроэнергии при использовании водовоздушной промывки:

$$\Delta Э = Э_1 - Э_2 = 218\,080 - 190\,176 = 27\,904 \text{ кВт·ч.}$$

Суточный расход воды при однократной водовоздушной промывке фильтров составит порядка $Q_{пр.в} = 4700$ м^3, годовой расход:

$$Q_{год\ пр} = Q_{пр.в} \cdot 365 = 4700 \cdot 365 = 1\,715\,500 \text{ м}^3.$$

Сокращение удельного расхода электроэнергии при использовании водовоздушной промывки:

$$\Delta Э_{уд} = \frac{27904}{1715500} = 0{,}016 \text{ кВт·ч/м}^3.$$

В целях большего сокращения потребляемой электроэнергии рекомендуется оснащение электродвигателей промывных насосов и компрессоров частотными преобразователями с учетом коэффициента неравномерности подачи воды и воздуха на различные фильтры $К_н = 1{,}2\text{-}1{,}3$.

Литература:

1. *Пособие по проектированию сооружений для очистки и подготовки воды (к СНиП 2.04.02-84) [Текст] / НИИ КВОВ АКХ им. К.Д. Панфилова. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989.*

УДК 697.94: 677.071.25

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ КИНЕТИКИ И ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН С КОНДИЦИОНИРОВАННЫМ ВОЗДУХОМ

***А.И. Еремкин**, профессор, д-р техн. наук, зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции*

***И.Н. Фильчакина**, канд. техн. наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Необходимость изучения данных процессов обуславливается спецификой текстильного производства, предъявляющего высокие требования к влажностному состоянию перерабатываемых волокон. Установлено, что влажность волокон *W*, %, на всех технологических переходах является величиной, изменяющейся во времени, то есть неравновесной, и эти изменения главным образом зависят от режимов гигротермического воздействия температуры *t*, ºС, и относительной влажности воздуха φ, %, в технологической и рабочей зонах [1].

Придание волокнам (полуфабрикатам и пряже) требуемой влажности *W*, %, непосредственно в ходе технологического процесса является важным критерием эффективности систем технологического кондиционирования воздуха (СТКВ). Решение этих вопросов возможно только на основе достаточно полного исследования процессов изменения *W* при взаимодействии с кондиционированным воздухом во времени с учетом факторов, влияющих на данный процесс, что и обуславливает проведение исследования кинетики и динамики данных процессов.

Данные исследования применительно к оптимизации параметров гигротермического воздействия изучены еще крайне недостаточно. При изучении рассматриваемых процессов теории сушки широко используются теоретические предпосылки о кинетике и динамике физической адсорбции паров и газов различными материалами.

По данным [2, 3] и других авторов, процесс протекания физической адсорбции на адсорбентах можно разграничить на два периода: в начальный момент происходит быстрая адсорбция внешней поверхностью, при этом за первые минуты практически поглощается около 96 % предельного количества адсорбируемого вещества; затем наступает замедление сорбционного процесса, который протекает значительный промежуток времени, что объясняется некоторой сложностью проникновения к внутренней поверхности адсорбента молекул адсорбируемого вещества через тонкие поры, диаметры которых соизмеримы с диаметрами молекул, а движущая сила переноса является незначительной.

Важно предположить, что время достижения равновесия, а также кинетики и динамики процессов поглощения и отдачи влаги текстильными волокнами зависит от скорости проникновения ее во внутрь адсорбируемого вещества и лишь в незначительной степени от указанных процессов на внешней поверхности волокон, что, согласно [3], более ощутимо для процесса десорбции, так как на кинетику влагоотдачи оказывают влияние внешние факторы *t* и φ.

Установлено, что скорость адсорбции снижается, если вновь адсорбируемым молекулам приходится вытеснять ранее адсорбированные молекулы другого вещества и в процессе перемещения внутри пор и капилляров преодолевать их сопротивление [2]. Данное положение весьма важно учитывать при моделировании процессов кинетики и динамики в лабораторных условиях с целью их приближения к действительным условиям. Поэтому необходимо стремиться к тому, чтобы по газовому составу среда, с которой взаимодействовали исследуемые волокна, максимально соответствовала среде, в которой перерабатывается материал. А.Г. Касаткин отмечает, что скорость адсорбции будет зависеть еще и от того, как проводится процесс: циклически (сорбция – десорбция) или непрерывно в одном направлении. На предприятиях текстильной промышленности из-за наличия двух зон с различными *t* и φ волокна подвергаются периодическим гигротермическим

воздействиям. Поэтому очень важно учитывать цикличность процессов при оптимизации t и φ.

В то же время на динамический характер адсорбции оказывает доминирующее влияние микроскопическая структура адсорбента [2], то есть микропоры и макропоры, при этом главную роль в процессе адсорбции играют микропоры. Макропоры же, составляющие незначительную часть, являются транспортными каналами для молекул адсорбированного вещества [4]. Для учета структуры волокон необходимо выявить участвующую в массообменных процессах активную поверхность микропор, которую, согласно теории БЭТ, можно определить по величине максимального заполнения монослоя.

Текстильные волокна являются такими материалами, в которых адсорбционная влага имеет различные формы присоединения с твердым скелетом [3, 5]. По данным [3, 4, 5], одним из главных факторов, определяющих скорость протекания процессов кинетики и динамики сорбции и десорбции, являются формы связи влаги с материалом, так как движущая сила переноса вещества внутри материала для определенных форм связи различна как по величине, так и по физической сущности. Поэтому практический интерес представляет определение и учет форм связи при изучении рассматриваемых процессов. В данном случае следует основываться на классификации форм связи, предложенной П.А. Ребиндером и применяемой в теории сушки для гигроскопической области [3-6], так как в данной работе рассматривается только та область, в которой влага присоединена к твердому скелету за счет мономолекулярной и полимолекулярной адсорбции и капиллярной конденсации [3, 5]. Автор Ребиндер П.А. пользуясь основными термодинамическими соотношениями, предложил классифицировать формы связи влаги с материалом величиной энергии связи, равной свободной энергии изотермического обезвоживания.

За последние годы в теории сушки нашли широкое применение термодинамические методы анализа процессов кинетики и динамики. Так, А.В. Лыков при рассмотрении данных процессов для влажностных материалов впервые ввел термодинамические характеристики – это потенциал переноса массы, удельная массоемкость и энергия связи влаги с материалом. В качестве потенциала переноса массы в гигроскопической области был принят химический потенциал μ, градиент которого является потенциалом переноса пара во влажном воздухе. Согласно изложенному выше для наиболее полного вскрытия и аналитического описания механизма процессов кинетики и динамики необходимо использовать в качестве потенциала переноса массы градиент μ, Дж/кмоль, увязанный с формой связи влаги с материалом [3-6]. Использование μ в качестве потенциала переноса массы позволяет утверждать, что главными факторами, определяющими рассматриваемые процессы тепло- и массообмена между текстильными материалами и окружающей средой,

являются t и φ. Следовательно, процессы кинетики и динамики можно интенсифицировать за счет увеличения движущей силы, характеризуемой градиентом μ между водяными парами в воздухе и в материале [6].

По данным [3-6], процессы кинетики и динамики необходимо увязать с термодинамическими параметрами и коэффициентами массопереноса влажных материалов, в первую очередь с C_{μ} и β_{μ}, рассчитанными на химический потенциал массопереноса. Если в математическую модель, описываемую процессы кинетики и динамики, включить влажностные характеристики материала, как например, удельная поверхность $F_{\text{пор}}$, м^2/г (м^2/кг), удельное влагосодержание в мономолекулярном слое $U_{\text{м}}$, (кг·вл)/(кг·с·в), и массообменные параметры β_{μ}, (кг·кмоль)/(м^2·мин·Дж), и удельный изотермический коэффициент массоемкости C_{μ}, кмоль/Дж, и выявить их значения для большинства волокон, применяемых на предприятиях текстильной промышленности, то можно установить общее универсальное уравнение для описания рассматриваемых процессов как для конкретного вида материала, так и для смесей различных по структуре волокон. Это очень важно для выбора оптимальных параметров t и φ для рассматриваемых предприятий, на которых перерабатываются, главным образом, смески из различных волокон.

Согласно проведенным исследованиям на различных материалах было выяснено, что в гигроскопической области протекание кинетики и динамики влагообмена зависит от конечного и влажностного состояния волокон и смесок, формы связи влаги с материалом, физико-химических свойств материала, режимов гигротермического воздействия и других факторов [3, 4, 6].

Кроме того, в [6] отмечается, что на кинетику процессов существенное влияние оказывают размеры материала – толщина и плотность слоя, так как с увеличением толщины материала (слоя) происходит уменьшение скорости увлажнения и сушки всего слоя. Данное явление было обнаружено на текстильных материалах, когда при плотной укладке нитей в катушках и бобинах процессы кинетики протекают медленнее, чем в материалах с уложенными свободно нитями.

В связи этим, целесообразно выявить толщину слоя топса, ленты, ровницы, нитей в бобинах, веретенах и катушках, которая непосредственно участвует в процессе массообмена и не влияет на скорость рассматриваемых процессов. При этом необходимо увязать время процесса увлажнения со временем переработки волокон на технологическом оборудовании и учитывать это при выборе оптимальных t и φ с целью придания нитям и волокнам необходимой W непосредственно в ходе технологического процесса, без вылеживания их в специальных помещениях.

Аналитическое описание процессов кинетики и динамики нашло широкое отражение в работах академика А.В. Лыкова и ученых его школы [3],

а также в работах [4, 6] и других. Общее уравнение, описывающее процесс переноса тепла и влаги в коллоидных капиллярно-пористых телах, сформулированное академиком А.В. Лыковым, состоит из системы нелинейных дифференциальных уравнений вида:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\varepsilon\tau}{c} \cdot \frac{\partial u}{\partial \tau} = \alpha \cdot \nabla^2 t + \frac{\varepsilon\rho}{c} \cdot \frac{\partial u}{\partial c}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial \tau} = \alpha_m \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \alpha_m \delta \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} = \alpha_m (\nabla^2 u + \delta \nabla^2 t),$$

где α – коэффициент температуропроводности материала; ε – критерий фазового превращения; τ – теплота испарения влаги, связанной с материалом; *C* – приведенная теплоемкость материала; α_m – коэффициент диффузии влаги; δ – термоградиентный коэффициент вещества; ∇ – дифференциальный оператор Лапласа.

Как отмечается в [3, 4, 6] и в работах других авторов, численное решение указанной системы уравнений встречает определенные трудности в инженерной практике, так как α_m, δ, α и *C* являются переменными величинами, зависящими от *t* и *W*, и связаны с ними сложной функциональной зависимостью.

Сложность аналитического решения уравнения (1) при переменных коэффициентах и отсутствие конкретных данных по текстильным волокнам затрудняют практическое приложение существующей теории тепло- и массообмена. При попытке многих исследователей упростить существующие способы расчёта процессов тепло- и массообмена с целью разработки практического метода расчёта параметров *t* и φ анализировались, главным образом, экспериментальные материалы и устанавливались чисто эмпирические зависимости.

Так, В.Я. Давыдов использовал для этого уравнение, предложенное Г.К. Филоненко. Результаты исследований представлены в виде следующих уравнений:

– для процесса увлажнения

$$E = \frac{W_1 - W_2}{K\sqrt{V_в \cdot t}} \left[\frac{10{,}25}{(W_1 - W_p) \cdot (W_2 - W_1)} + 0{,}94 \right]; \quad (2)$$

– для процесса сушки

$$E = \frac{W_2 - W_1}{K\sqrt{V_в \cdot t}} \left[\frac{10{,}25}{(W_p - W_1) \cdot (W_p - W_2)} + 0{,}94 \right], \quad (3)$$

где *E* – разность температуры сухого и мокрого термометра (психрометрическая влажность); W_1, W_2, $W_р$ – соответственно начальная, конечная и равновесная влажность материала; *K* – постоянный коэффициент для пряжи № 30-80, равный 0,42–0,0028; $v_в$ – скорость движения воздуха возле нити;

$t = \frac{60S}{V_m}$ – время движения основы на участке (здесь S – длина участка; V_m– производительность станка).

В.Г. Диденко экспериментально выявил эмпирическую зависимость изменения влагосодержания волокон от времени процессов увлажнения и сушки в виде:

$$\overline{W} = a\rho_0\left(RT_0 ln\frac{1}{\varphi}\right)\left(K - \overline{T}\right) + \\ + \left[a\rho_к\left(RTln\frac{1}{\varphi}\right)\left(K - \overline{T}\right) - a\rho_0\left(RT_0 ln\frac{1}{\varphi}\right)\left(K - \overline{T}\right)\right]m\tau^{\alpha}, \quad (4)$$

где $\bar{W}$ – текущее значение влагосодержания; *m, a, k,* α– опытные константы; τ – время от начала процесса; $\overline{T}$ – температурный градиент; ρ – плотность сорбируемого вещества в жидкой фазе; φ – относительная влажность воздуха; R – универсальная газовая постоянная; индексы (к) и (0) – конечное и начальное влагосодержание волокон.

Заслуга В.Г. Диденко и В.Я. Давыдова состоит в корректности поставленной задачи при определении параметров t и φ, в частности, в определении зависимости параметра φ от начального и конечного W, времени переработки, номера пряжи, производительности станка, определяющей время влагообмена, а также в том, что ими использован в исследованиях адсорбционный потенциал ξ. Однако полученное уравнение (4) нельзя использовать при исследовании процессов на любых волокнах и особенно смесках, так как оно не учитывает известные величины, характеризующие влажностное состояние и структуру волокон, а также названные выше параметры. Кроме того, оно громоздко, а недостатки методики экспериментирования снижают точность полученных результатов.

Заслуживают внимания исследования Н.И. Калашникова на волокнах хлопка, которые позволили выявить основные факторы, влияющие на скорость влагообмена: это начальная *W,* коэффициент влагоёмкости, *t,* φ, *v*, определяющие размер, начальное и конечное значение μ, удельная поверхность испарения. При этом в качестве определяющего параметра, подлежащего оптимизации, принято время, необходимое для достижения требуемого по технологии значения W обрабатываемых материалов. Поскольку время обработки определяется производительностью текстильного оборудования, и его величина может изменяться только за счёт изменения конструкции машин, постановка задачи при определении параметров t и φ сформулирована не совсем верно, наоборот, W должна быть представлена как функция времени и других факторов.

Результатами исследований, полученных для отдельных видов полуфабриката и самой пряжи с учётом направленности процесса, явились адекватные уравнения:

1. Для хлопка при сорбции

$$\tau = 10{,}7 - 3{,}2(W_{\text{н}} - 3{,}7) - 0{,}58(\varphi - 50) - 0{,}4(t - 25) + \\ +0{,}16(W_{\text{н}} - 3{,}7) \cdot (\varphi - 50) + 0{,}17(W_{\text{н}} - 3{,}7) \cdot (t - 25). \quad (5)$$

2. Для хлопка при десорбции

$$\tau = 20{,}8 - 7{,}9(W_{\text{н}} - 8{,}3) + 2{,}2(\varphi - 38{,}5) - 0{,}7(t - 25) + \\ +0{,}35(W_{\text{н}} - 8{,}3) \cdot (\varphi - 38{,}5) - 0{,}22(W_{\text{н}} - 8{,}3) \cdot (t - 25). \quad (6)$$

3. Для ровницы при сорбции

$$\tau = 11{,}47 - 7{,}25(W_{\text{н}} - 5) - 1{,}52(\varphi - 55) - 0{,}43(t - 25) + \\ +0{,}85(W_{\text{н}} - 5) \cdot (\varphi - 55) + 0{,}45(W_{\text{н}} - 5) \cdot (t - 25). \quad (7)$$

4. Для ровницы при десорбции

$$\tau = 14{,}45 - 6{,}0(W_{\text{н}} - 5{,}75) - 1{,}95(\varphi - 65) - 0{,}8(t - 25) - \\ -4{,}1(v - 0{,}85) + 0{,}87(W_{\text{н}} - 5{,}75) \cdot (\varphi - 65) + \quad (8) \\ +0{,}6(W_{\text{н}} - 5{,}5) \cdot (t - 25) + 4{,}6(W_{\text{н}} - 5{,}75) \cdot (v - 0{,}85).$$

5. Для пряжи при десорбции

$$\tau = 7{,}86 + 11{,}25(W_{\text{н}} - 9{,}5) + 1{,}15(\varphi - 62{,}5) - 0{,}43(t - 25) + \quad (9) \\ +1{,}22(W_{\text{н}} - 9{,}5) \cdot (\varphi - 62{,}5) + 0{,}55(W_{\text{н}} - 9{,}5) \cdot (t - 25).$$

При этом было установлено, что кинетика процессов увлажнения и сушки в большей степени зависит от начальной W и φ и в незначительной степени от v, что согласуется с данными. Но полученные зависимости (5) – (9) не отражают физической сущности кинетики процессов увлажнения и сушки и содержат в себе недостатки, и поэтому они не пригодны для описания рассматриваемых процессов взаимодействия текстильных волокон и смесей с кондиционированным воздухом.

Л.К. Сурова, исследовавшая процессы кинетики увлажнения сушки волокон применительно к определению параметров t и φ, на основе предпосылок А.В. Лыкова представила физическую модель явления, основанную на допущении, что внутренняя диффузия определяет скорость увлажнения и сушки, согласно этому была получена зависимость изменения среднего относительного влагосодержания во времени в виде:

$$Q^{/}\frac{W^{/}(t) - W_{\text{ср}}}{W_0 - W_{\text{ср}}} = \frac{4}{\mu_1^2} exp - \left(\frac{t}{\tau}\right), \quad (10)$$

где $Q^{/}$ – среднее относительное избыточное влагосодержание; t – время; μ – корни функции Бесселя.

На основе выражения (10) Л.К. Сурова сделала вывод, что скорость влагообмена не зависит от v в пределах 0,2–1,5 м/с и в интервале φ = 30–80 %, в то время как t в области 20–35 °С способствует интенсификации процессов увлажнения и сушки; увлажнение и сушка протекают весьма интенсивно только в первые 3-4 минуты, а затем W пряжи становится близкой по своему значению к W_p. Однако сделанный в результате этих исследований вывод о том, что скорость процессов влагообмена не зависит от φ, а определяется t, является неверным: имеется достаточно сведений о том, что φ в гигроскопической области является величиной, определяющей

скорость протекания процессов увлажнения и сушки [3-6], а t при этом оказывает несущественное влияние. Предложенное Л.К. Суровой уравнение (10) является неприемлемым для исследования рассматриваемых процессов, так как оно является частным решением для конкретного вида волокна, как и в работах [4], причём в качестве потенциала переноса принята W, а не химический потенциал μ. Кроме того, в данной зависимости отсутствуют массообменные параметры: β_μ, и C_μ, и не учитываются формы связи влаги с материалом.

В литературе представлено большое количество исследований в области кинетики и динамики рассматриваемых процессов, которые здесь не рассматриваются, но они не пригодны для практического использования расчета параметров t и φ и режимов систем технологического кондиционирования воздуха.

Литература:

1. *Еремкин А.И. Локальное кондиционирование вытесняющего типа текстиьных предприятий: монография / А.И. Еремкин. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2006. – 390 с.*
2. *Де Бур. Динамический характер адсорбции [Текст] / Де Бур. – М., 1962.*
3. *Лыков, А.В. Теория сушки [Текст] / А.В. Лыков. – М.: «Энергия», 1968.*
4. *Филоненко, Г.К. Сушка пищевых растительных материалов [Текст] / Г.К. Филоненко [и др.]. – М.: Пищевая промышленность, 1971.*
5. *Никитина, Л.М. Термодинамические параметры и коэффициенты массопереноса во влажных материалах [Текст] / Л.М. Никитина. – М.: «Энергия», 1968.*
6. *Гинзбург, А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов [Текст] / А.С. Гинзбург. – М.: Пищевая промышленность, 1973.*

УДК 691.335: 691.328

СВОЙСТВА ГЕОПОЛИМЕРНОГО БЕТОНА, АРМИРОВАННОГО ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ФИБРОЙ

Н.А. Ерошкина, *канд. техн. наук, доцент кафедры технологии строительных материалов и деревообработки*

С.М. Саденко, *профессор, канд. техн. наук, профессор кафедры технологии строительных материалов и деревообработки*

М.Ю. Чамурлиев*, аспирант кафедры технологии строительных материалов и деревообработки*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Создание и совершенствование технологии строительных материалов на основе промышленных отходов – одно из перспективных направлений реализации концепции промышленного метаболизма. Эта концепция предусматривает применение отходов одних производств в качестве сырья для других.

К числу наиболее перспективных технологических платформ для развития этого направления в промышленности строительных материалов можно отнести ресурсосберегающие технологии геополимерных материалов на основе многотоннажных промышленных отходов алюмосиликатного состава – зол ТЭС, доменных шлаков, отходов производства строительных материалов и продуктов их переработки [1, 2].

Большие преимущества в технологии геополимеров в виду их распространения в земной коре имеют магматические горные породы, характеризующиеся высокими механическими свойствами и способные в условиях гиперщелочной активации проявлять вяжущие свойства [2].

По данным [1, 3, 4] геополимерные материалы имеют не только высокие прочностные свойства и стойкость к коррозионно-активным средам, но и низкую трещиностойкость, ударную прочность, прочность на изгиб, повышенную усадку и преждевременный отказ. Эти свойства сдерживают применение геополимерных материалов в жилищном, промышленном и дорожном строительстве.

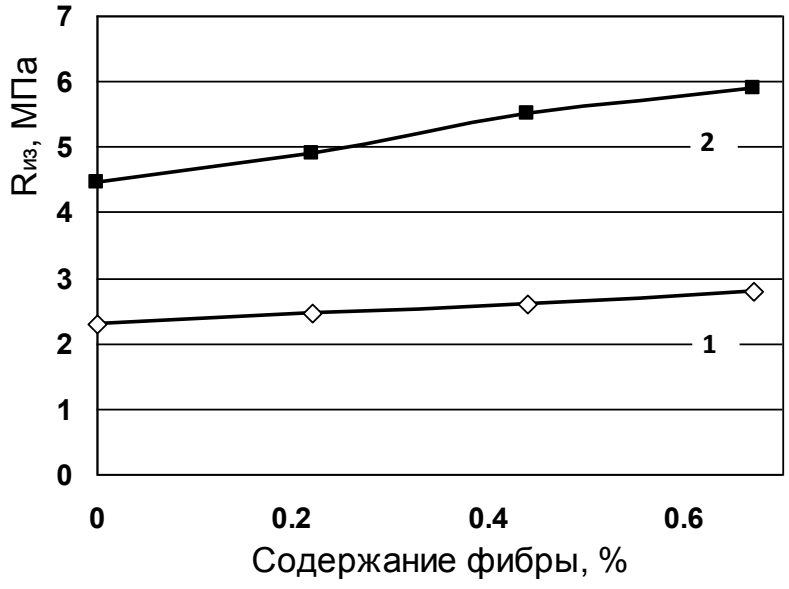
Для повышения ударной прочности, прочности на изгиб и трещиностойкости бетонов традиционно используется фибровое армирование [5]. В технологии геополимеров в качестве фибры, которая не разлагается под действием щелочей активатора наиболее подходит полипропиленовая фибра [3, 5]. Отмечается [3-5], что неоднородное распределение фибры и превышение дозировки сверх оптимального количества может существенно снизить эффект от ее применения.

В настоящей работе проводились сравнительные исследования влияния полипропиленовой фибры на свойства мелкозернистого бетона на основе геополимерного вяжущего.

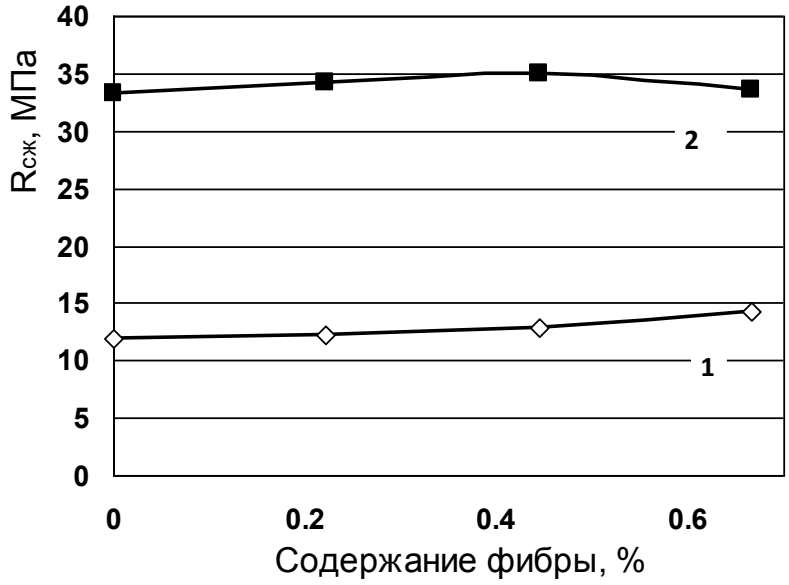
Вяжущее было изготовлено с использованием гранита Павловского месторождения дисперсностью 350 $м^2$/кг и доменного гранулированного шлак Новолипецкого металлургического комбината с дисперсностью 380 $м^2$/кг в соотношении 1:0,25. В качестве активатора твердения применялся 25% раствор низкомодульного жидкое стекло (Мс=1,1). Расход активирующего раствора составлял 55% от веса сухих компонентов вяжущего. Во всех составах мелкозернистого бетона соотношение вяжущее и заполнитель принималось 1:2. В качестве мелкого заполнителя использовался песок Сурского месторождения с Мк=1,6. В исследованиях применялась полипропиленовая фибра марки ВСМ-II-6 длиной 6 мм производства ООО «Си Айрлайд) (г. Челябинск) в дозировке 0,22, 0,44 и 0,67% от объема бетона. Фибра вводилась в приготовленную бетонную смесь постепенно при перемешивании.

Были изготовлены образцы размером 40×40×160 мм для определения прочности при сжатии ($R_{сж}$) и изгибе ($R_{из}$), образцы цилиндры с диаметром и высотой по 36 мм для испытания ударной прочности. Образцы твердели в нормальных условиях в течение 7 и 28 суток, а затем подвергались

испытаниям. Прочность при сжатии и изгибе определялись по методикам ГОСТ 310.4-81.



а)



б)

Рисунок 1. Прочность при изгибе (а) и сжатии (б) геополимерного бетона в зависимости от расхода фибры:
1 – прочность через 7 сут, 2 – прочность через 28 сут

Ударная прочность определялась на копре КИ как отношение работы, затраченной на разрушение образца, к его объему. Нагрузка при ударе рассчитывалась по формуле

$$R_{\text{уд}} = \frac{P(1+2+...+n)}{V} \cdot 10^{-2}, \quad (1)$$

где P – ес падающего груза, Н;
n – исло ударов, которые выдержал образец;
V – бъем разрушенного образца, м^3;

Объем разрушенного образца для расчетов принимался $36{,}62 \cdot 10^{-6}$ м^3, а вес падающего груза – 20 Н.

Исследование влияния фибры на реологические свойства геополимерной смеси показало, что с увеличением дозировки добавки затрудняется перемешивание, происходит загущение смеси и снижается ее подвижность.

Фибра положительно влияет на прочность раствора на изгиб в различные сроки твердения (рис. 1, а). На ранней и на поздней стадии твердения величина прироста этого показателя при максимальной дозировке фибры составляет 20 и 25 %, а при минимальной – около 10%.

Микроволокно на ранней стадии повысило прочность при сжатии на 10-25 % за счет заполнения дефектных участков геополимерной матрицы волокнами, в то время как на поздней – повышение дозировки фибры мало сказывается на прочности, а при максимальном расходе фибры отмечается небольшое снижение прочности при сжатии (рис. 1, б).

Незначительное повышение прочности при сжатии за счет введения дисперсной полимерной арматуры и ее снижение при высокой дозировке фибры объясняется негативным влиянием микроармирования на дефектность макроструктуры бетона. Эта гипотеза подтверждается результатами определения плотности бетона (рис. 2). Расчеты показывают, что на теоретическую плотность (2318-2319 кг/м^3), расход полимерной фибры практически не оказывает влияния в связи небольшим расходом. При этом фактическая плотность значительно снижается при повышении дозировки полипропиленовой фибры (рис. 2), что можно объяснить повышением воздухововлечения при введении в состав бетонной смеси микроволокна.

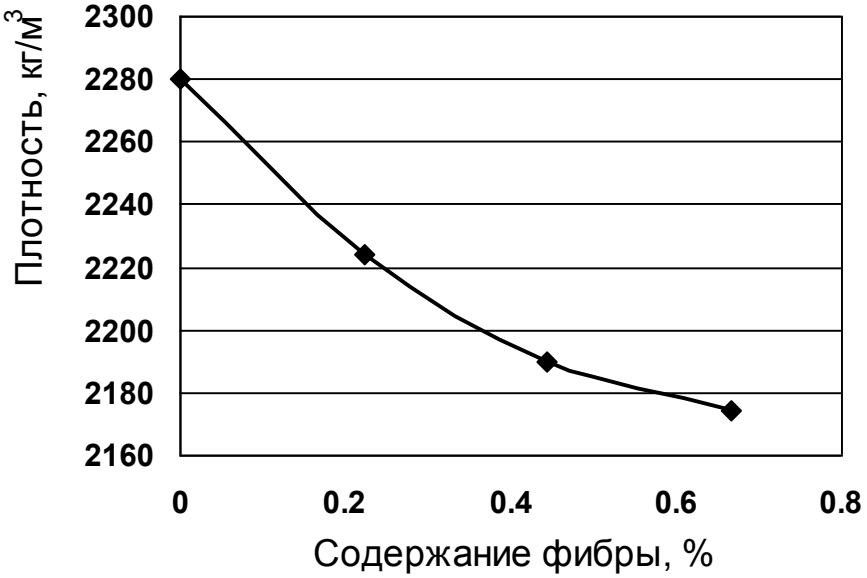


Рисунок 2. Плотность геополимерной бетонной смеси в зависимости от расхода фибры

Эффективность введения фибры наиболее сильно проявилась при испытании бетона на ударную прочность. Фибра повышает энергию разрушения бетона 1,5-2,2 раза (рис. 3). Геополимерные бетоны, в отличие от цементных, обладают меньшей хрупкостью, что обуславливает их стойкость к динамическим нагрузкам и применение в транспортном строительстве.

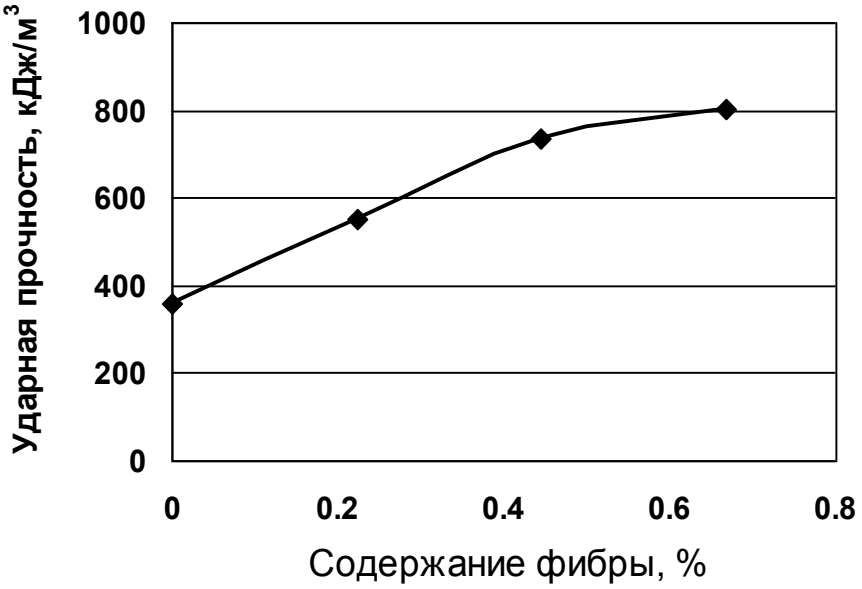


Рисунок 3. Ударная прочность геополимерного бетона в зависимости от расхода фибры

Исследование свойств геополимерного бетона показало, что полипропиленовая фибра эффективно повышает прочность при изгибе, ударную прочность бетона, и может применяться для регулирования его трещиностойкости. Полученные зависимости прочности и энергии разрушения бетона от количества фибры можно использовать при проектировании составов дорожных бетонов на основе геополимерного вяжущего.

Литература:

1. *Davidovits J. Geopolymer Chemistry and Applications, 4th edition. Saint Quentin, France: Geopolymer Institute, 2015. 644 p.*
2. *Ерошкина Н.А. Ресурсосберегающие технологии геополимерных вяжущих и бетонов на основе отходов добычи и переработки магматических горных пород: моногр. / Н.А. Ерошкина, М.О. Коровкин. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 152 с.*
3. *Ranjbar N. Mechanisms of interfacial bond in steel and polypropylene fiber reinforced geopolymer composites / N. Ranjbar, S. Talebian, M. Mehrali [at al.] / Composites Science and Technology. 2016.Vol. 122. P. 73–81.*
4. *Pan Z. Fracture properties of geopolymer paste and concrete / Z. Pan, J.G. Sanjayan, B.V. Rangan / Magazine of concrete research. 2011. Vol. 63(10). P. 763–71.*
5. *Richardson A.E. Compressive strength of concrete with polypropylene fibre additions // Structural survey. 2006. 24(2). P. 138–53.*

УДК 691.32: 628.477.7

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ БЕТОНЫ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЗОЛЫ-УНОСА

М.О. Коровкин, *доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии строительных материалов и деревообработки*
А.В. Петухов*, магистр техники и технологии, аспирант кафедры технологии строительных материалов и деревообработки*
Н.А. Ерошкина, *канд. техн. наук, доцент кафедры технологии строительных материалов и деревообработки*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Зола уноса ТЭС относится к числу наиболее перспективных минеральных добавок для цементных бетонов. Основными преимуществами зол при сравнении их с другими минеральными добавками промышленного и природного происхождения считаются минеральный состав зол, представленный в значительной степени стекловидными алюмосиликатными фазами, а также высокая дисперсность и возможность ее повышения в мельницах различного типа при относительно низких затратах энергии. Кроме того, экологический аспект является важным, и в будущем, вероятно, станет решающим фактором, обуславливающим применение золошлаковых отходов в технологии бетона. Это связано с возможностью замещения в цементе золой значительной части цементного клинкера, производство которого связано с высокими расходами тепловой энергии и выбросами в атмосферу углекислого газа, которые составляют 0,7-0,8 тонн на 1 тонну клинкера.

В современных условиях главным стимулом использования золы в качестве минеральной добавки в цемент в регионах, имеющих крупные угольные ТЭС, является возможность снизить цементным заводам себестоимость производства. Для производителей золы массовое использование этого отхода в технологии бетона имеет большее значение с точки зрения снижения темпов накопления золошлаковых отходов, объемы хранения которых в России уже превысили 1 млрд. тонн [1].

Техническая эффективность применения золы в технологии бетона зависит от трех основных факторов: химико-минералогического состава, дисперсности и дозировки золы. Химико-минералогический состав золы определяется условиями сжигания угля и составом его минеральной части и может меняться даже в пределах одного месторождения угля, что обуславливает необходимость его постоянного производственного контроля. Однако для месторождений, принадлежащих одному каменноугольному бассейну химико-минералогический состав золы и его главный показатель – основность, имеют схожие характеристики.

Основные золы-уноса Канско-Ачинского угольного бассейна, обладают пуццолановыми и скрытовяжущими свойствами и имеют большие перспективы в технологии бетонов различных видов [1]. Однако сдерживающим фактором для их широкого применения является риск снижения прочности и образования трещин в бетоне в результате замедленного гашения свободного CaO [1, 2]. Наиболее перспективное направление решения этой проблемы – повышение дисперсности золы в результате помола в составе цементно-зольного вяжущего или в индивидуальном виде. Измельчение цементно-зольного вяжущего совместно с суперпластификатором позволило получить вяжущее низкой водопотребности, а на его основе – экономичные высокопрочные самоуплотняющиеся бетоны [3, 4].

Для повышения эффективности применения таких вяжущих необходимо выявить особенности влияния состава цементно-зольного вяжущего на его прочность, особенно в поздние сроки [5].

Для исследования зависимости свойств бетона от дозировки золы в смешанном цементе (Дз) были изготовлены составы с долей золы в вяжущем от 50 до 80%. Вяжущие измельчались совместно с 2 % суперпластификатора Фортрайс-Стронг. Смешанные цементы измельчались в лабораторной шаровой мельнице до удельной поверхности 590-600 $м^2$/кг. Для приготовления смешанного вяжущего использовался цемент ПЦ 500 Д0 ООО «Красноярский цемент» и зола-унос Красноярской ТЭЦ-1.

С применением полученных смешанных цементов изготавливались бетонные смеси с осадкой конуса 21-23 см (марка по подвижности П5). Водоцементное отношение (В/Ц) в этих составах варьировалось в интервале от 0,31 до 0,395. Из полученных бетонных смесей формовались образцы размером 40×40×160 мм, которые твердели до испытания в воздушно-влажных условиях. Прочность бетонов определялась через 1, 28 и 180 суток.

Полученные значения использовались для вычисления коэффициентов линейных уравнений регрессии, описывающих зависимости прочностных характеристик от исследуемых факторов – Дз и В/Ц. Графики этих зависимостей и уравнения регрессии представлены на рис. 1 и 2. Для оценки степени соответствия регрессионных уравнений экспериментальным данным использовался коэффициент детерминированности R^2, значения которого приводятся на соответствующих рисунках.

Анализ уравнений регрессии и значений R^2 показывает, что на ранних стадиях твердения содержание золы в цементе оказывает большее влияние на прочность цементно-зольного бетона, а в поздние сроки роль этого фактора уменьшается, так как коэффициент детерминированности и коэффициент пропорциональности в уравнениях регрессии при увеличении сроков твердения снижаются (рис. 1). Это характеризует золу как малоактивный и медленнотвердеющий компонент смешанного вяжущего.

Уравнения зависимости прочности от водоцементного отношения и значения коэффициентов R^2 показывают (рис. 2), что В/Ц больше влияет на

прочность, чем содержание золы в цементе. Причем влияние этого фактора при увеличении сроков твердения возрастает, что подтверждает гипотезу о том, что зола не инертный компонент вяжущего, а медленно твердеющее вяжущее.

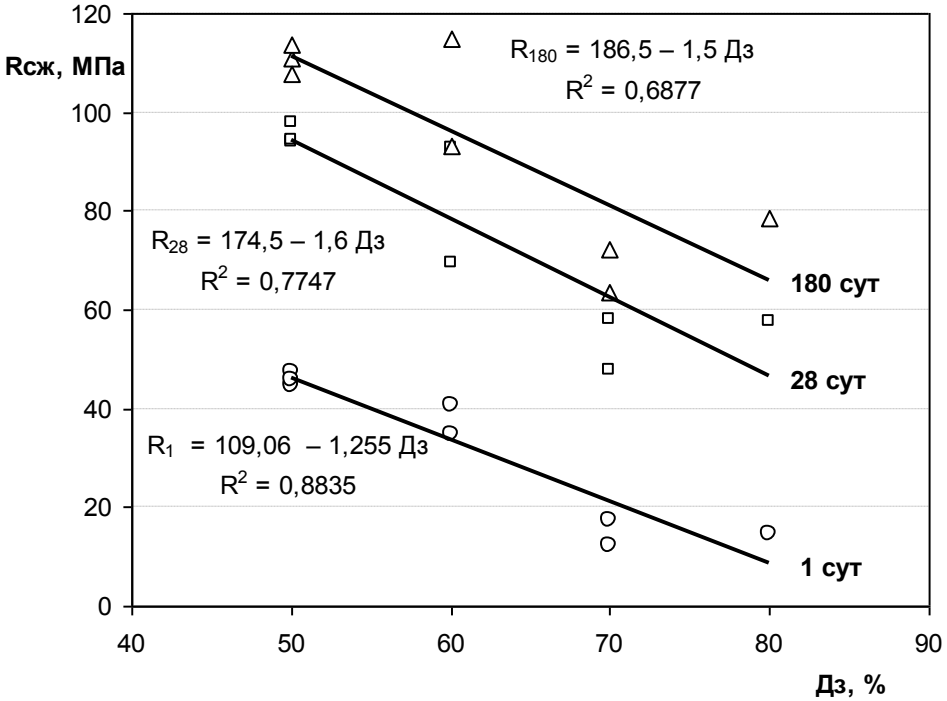


Рисунок 1. Влияние доли золы (Дз) в смешанном вяжущем на прочность бетона в различные сроки

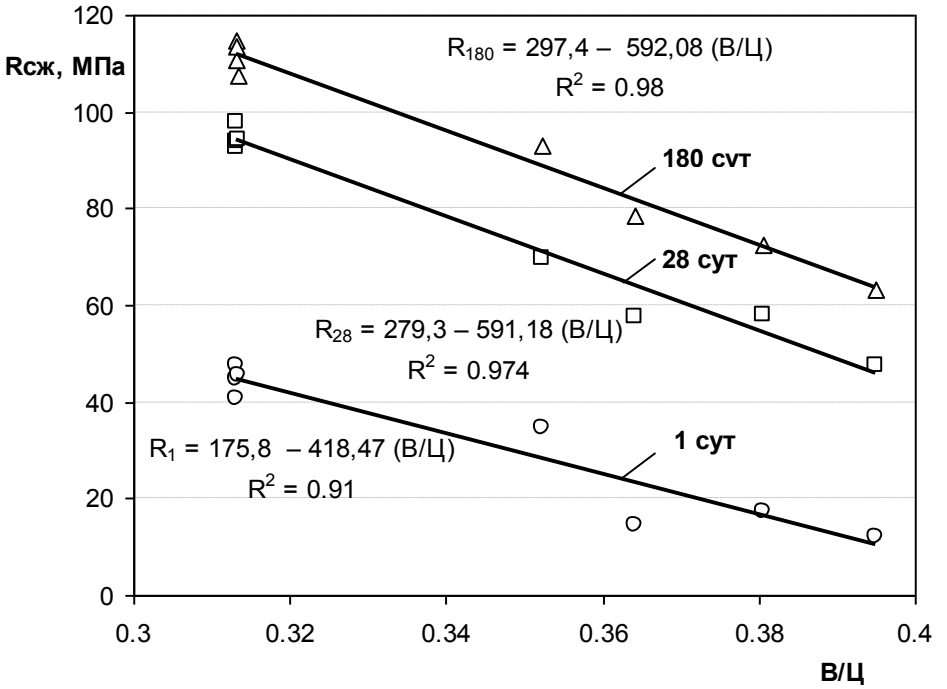


Рисунок 2. Влияние водоцементного отношения бетона, изготовленного с применением цементно-зольного вяжущего, на прочность через 1, 28 и 180 суток

Проведенные исследования показали, что смешанный цемент, полученный в результате совместного измельчения до удельной

поверхности 590-600 м^2/кг портландцемента, суперпластификатора и золы-уноса, при содержании последнего компонента в смешанном вяжущем 50-80%, может быть использован для получения бетонной смеси с маркой по подвижности П5 и прочностью бетона в возрасте 28 суток 50-90 МПа. Бетоны на основе исследованного цементно-зольного вяжущего в воздушно-влажных условиях продолжают твердеть и набирают прочность до 65-115 МПа. Достигнутые значения прочности бетона позволяют производить на основе цементно-зольного вяжущего не только бетоны общестроительного назначения, но и высокопрочные бетоны.

Литература:

1. *Энтин, З.Б. Золы ТЭС - сырьё для цемента и бетона / З.Б. Энтин, Л.С. Нефедова, Н.В. Стржалковская // Цемент и его применение. – 2012. – № 2. – С. 40-46.*
2. *Хижинкова, Е.Ю. Влияние высококальциевой золы ТЭЦ на свойства высокоподвижных бетонных смесей // Ползуновский вестник. – 2014. – № 1. – С. 214-217.*
3. *Калашников, В.И. Новые направления использования зол ТЭЦ в порошково-активированных бетонах нового поколения / В.И. Калашников, О.В. Тараканов, М.Н. Мороз, Е.А. Белякова // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 3(17). – С. 22-27.*
4. *Калашников, В.И. Высокоэкономичный композиционный цемент с использованием золы-уноса / В.И. Калашников, Е.А. Белякова О.В. Тараканов, Р.Н. Москвин // Региональная архитектура и строительство. – 2014. – № 1(19). – С. 24-29.*
5. *Коровкин М.О. Исследование свойств самоуплотняющихся высокопрочных бетонов на цементно-зольном вяжущем / М.О. Коровкин, А.В. Петухов, И.Ю. Лавров // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: материалы XII Международной научной конференции. – Пенза: ПГУАС. 2017. –С. 92-95.*

УДК 666.972.1

ВЛИЯНИЕ ИНЕРТНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА БЕТОНА

М.О. Коровкин, *доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии строительных материалов и деревообработки*

Д.М. Гринцов*, магистр техники и технологии, аспирант кафедры технологии строительных материалов и деревообработки*

Н.А. Ерошкина*, канд. техн. наук, доцент кафедры технологии строительных материалов и деревообработки*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Суперпластификаторы (СП) позволяют значительно снизить водопотребность цемента и за счет этого существенно повысить прочность, долговечность и другие характеристики бетона [1]. Однако применение этих добавок малоэффективно в бетонах с низким расходом цемента и невысокой

прочностью. Тенденция снижения эффективности СП при уменьшении расхода вяжущего в бетоне во многом предопределена уменьшением суммарной поверхности материалов, используемых для приготовления бетонной смеси, что важно для СП, который действует на поверхности раздела твердой и жидкой фаз. Другим, возможно более важным фактором, обуславливающим низкую эффективность СП в малоцементных бетонах традиционного состава, является увеличение числа контактных взаимодействий между частицами заполнителя при снижении расхода цемента, что приводит к расслоению бетонной смеси, а не повышению ее подвижности при введении в состав смеси СП или увеличения дозировки воды.

Как показывает анализ развития технологии бетонов последних десятилетий, применение минеральных добавок совместно с СП позволяет значительно повысить эффективность этих модификаторов в сравнении с их применением в индивидуальном виде. Применение комплексных органо-минеральных добавок [1, 2], включающих в свой состав микрокремнезем, золу и СП, обеспечивает получение бетонных смесей с высокой удобоукладываемостью. Эти добавки используются в производстве высокопрочных и долговечных бетонов для возведения уникальных зданий и сооружений [2]. Однако высокоактивные минеральные добавки, такие как микрокремнезем, метакаолин и другие малоэффективны при их использовании в бетонах общестроительного назначения из-за высокой стоимости этих модификаторов бетона. Для массового производства бетонов общестроительного назначения, к прочности и долговечности которых не предъявляются высокие требования, оправдано применение недорогих минеральных добавок, которые не оказывают значительного влияние на состав продуктов гидратации цемента.

Большим технологическим потенциалом в технологии бетонов общестроительного назначения обладают инертные минеральные добавки [1, 3]. Эти добавки в научно-технической литературе обозначаются различными терминами: порошковый компонент, тонкий (дисперсный) заполнитель, минеральный наполнитель, микродисперсная добавка. В зависимости от дисперсности минеральных добавок их подразделяют на три группы [4]: добавки-уплотнители, добавки-разбавители и добавки-наполнители; дисперсность этих добавок, соответственно, выше, равна и ниже дисперсности цемента.

Основная задача, которая решается при использовании инертных минеральных добавок – увеличение объема цементного теста, которое по терминологии В.И. Калашникова [5] является реологической матрицей бетона первого рода. Увеличенный за счет применения минеральной добавки объем цементного теста обеспечивает раздвижку зерен мелкого заполнителя, что при введении в состав бетона СП обуславливает высокую подвижность бетонной смеси. При этом высокая удобоукладываемость смеси возможна только при достаточном содержании в ней растворной

составляющей – реологической матрицы второго рода [3, 5]. Оптимизация объемного содержания реологических матриц бетонной смеси может быть произведена с применением предложенных В.И. Калашниковым безразмерных реологических индексов [3].

Инертные минеральные добавки при совместном использовании с СП оказывают позитивное влияние на реотехнологические свойства бетонных смесей, но они снижают активность цемента, являясь его «разбавителями». Для бетонов общестроительного назначения с прочностью 10-40 МПа такое снижение активности смешанного цемента не имеет критического значения, так как использование высокоэффективных водоредуцирующих добавок позволяет значительно снизить водоцементное отношение и получить необходимую прочность при более высоких технологических характеристиках бетонных смесей. Эффективное применение инертных минеральных добавок в технологии бетона возможно при выявлении закономерностей влияния степени замещения цемента порошковым наполнителем на прочность бетона, в том числе в начальные сроки твердения и в условиях тепловой обработки.

Влияние инертных минеральных добавок на процессы структурообразования цементного камня изучены недостаточно, поэтому на современном этапе развития бетоноведения важно на основе экспериментальных данных установить наиболее значимые факторы, определяющие влияние этих материалов на свойства бетонов.

Исследования влияния степени замещения цемента кварцевой мукой (микрокварца) и водоцементного отношения на прочность мелкозернистого бетона были проведены на составах с соотношением цемента и песка 1:2. Мелкозернистые бетоны изготавливались без добавки СП при В/Ц = 0,5 и с добавкой СП при В/Ц = 0,3.

Результаты определения прочности через 28 суток нормального твердения показывают (рис. 1), что замещение 25% цемента инертной добавкой снижает прочность при сжатии при В/Ц = 0,3 на 5 МПа, а при В/Ц = 0,5 – на 7 МПа. Замещение 50 % цемента исследованной добавкой приводит к снижению прочности на 19 и 21 МПа, соответственно.

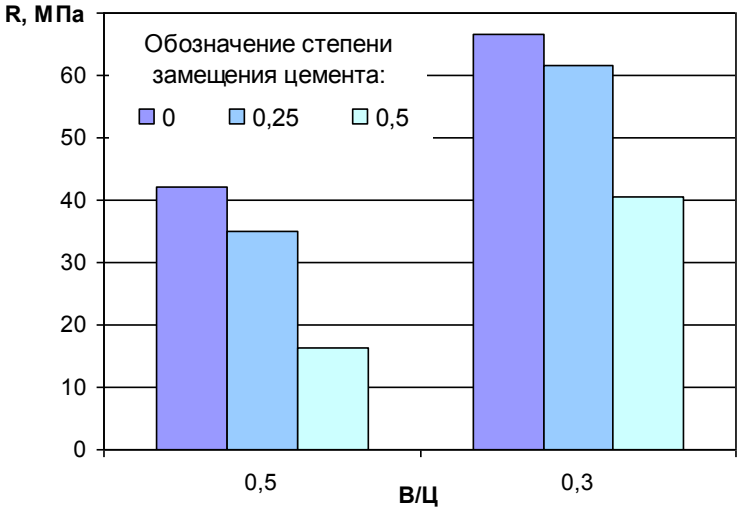
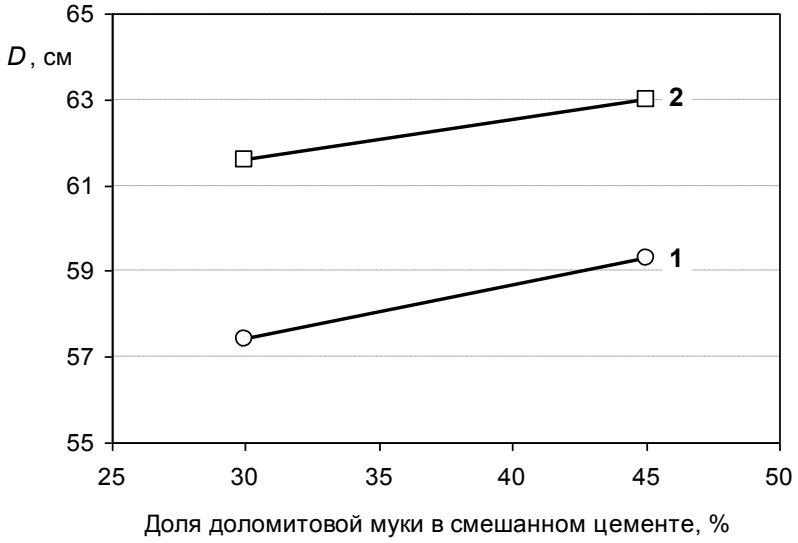


Рисунок 1. Прочность мелкозернистого бетона при различном водоцементном отношении и степени замещения цемента кварцевой мукой

В абсолютном исчислении замещение цемента инертной минеральной добавкой приводит к приблизительно равному снижению прочности. При этом относительное снижение прочности при низком В/Ц намного меньше (рис. 1). Из диаграмм на рис. 1 видно, что состав с В/Ц = 0,3, в котором 50 % цемента замещено микрокварцем имеет прочность сопоставимую с прочностью мелкозернистого бетона без минеральной добавки при В/Ц = 0,5.

Исследование замещения цемента доломитовой мукой на свойства самоуплотняющихся бетонных смесей показало, что степень замещения цемента минеральной добавкой и коэффициент избытка растворной составляющей α повышают расплыв бетонной смеси *D* (рис. 2а).

а



б

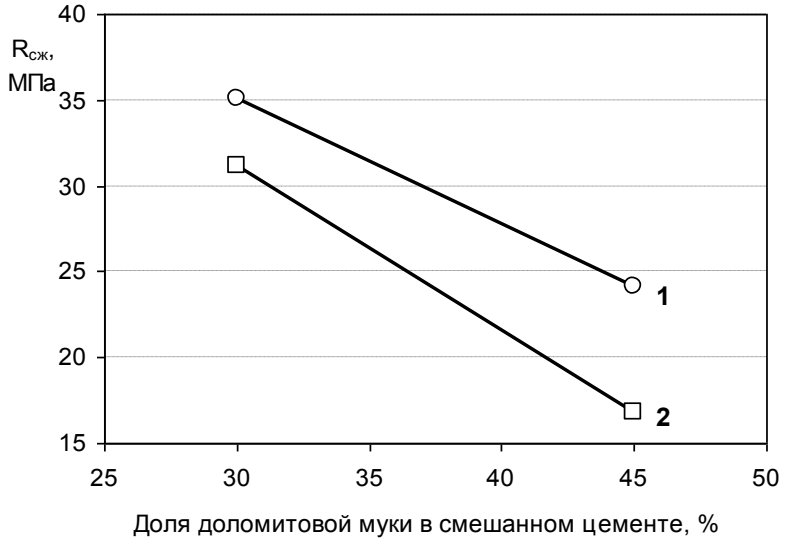


Рисунок 2. Влияние доли доломитовой муки в смешанном цементе на расплыв бетонной смеси (а) и прочность бетона после тепловой обработки (б) при различных значениях коэффициента избытка растворной составлявщей: 1 – α = 2,2; 2 – α = 2,8

Анализ теоретических аспектов применения инертных минеральных добавок и результатов экспериментальных исследований свойств бетонов с

этими добавками совместно с суперпластификаторами показал, что эти добавки позволяют значительного повысить удобоукладываемость бетонных смесей, снизить водоцементное отношение и проницаемость бетона, что обеспечит повышение долговечности бетона. Снижение прочности бетона при введении в состав цемента значительного количества инертной добавки не является критичным для бетонов общестроительного назначения с прочностью 10-40 МПа при использовании высокоэффективных водоредуцирующих добавок, способных обеспечить необходимый уровень прочности.

Литература:

1. *Баженов, Ю.М. Технология бетона. Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 500 с.*
2. *Каприелов, С.С. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива / С.С. Каприелов, В.Г. Батраков, А.В. Шейнфельд // Бетон и железобетон. – 1999. – № 6. – С. 6-10.*
3. *Калашников, В.И. Как превратить бетоны старого поколения в высокоэффективные бетоны нового поколения / В.И. Калашников // Технологии бетонов. – 2015. – № 11-12 (112-113). – С. 27-35.*
4. *Баженов, Ю.М. Развитие теории формирования структуры и свойств бетонов с техногенными отходами / Ю.М. Баженов, Л.А. Алимов, В.В. Воронин // Известия вузов. Строительство. – 1996. – №4 – С. 55-58.*
5. *Калашников, В.И. Терминология науки о бетоне нового поколения / В.И. Калашников // Строительные материалы. – 2011. – № 3. – С. 103-106.*

УДК 535

ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО ШКАЛИРОВАНИЯ

О.А. Кувшинова, *аспирантка кафедры информационно-вычислительных систем*
Э.В. Роганова, *аспирантка кафедры информационно-вычислительных систем*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Н. Есимова*, аспирантка кафедры информационных технологий и систем*
Е.Н. Мещерякова*, аспирантка кафедры информационных технологий и систем*

Пензенский государственный технологический университет, Пенза

При исследовании и разработке имитаторов визуальной обстановки тренажёров подготовки лётчиков и водителей транспортных средств, одной из актуальных задач является синтез модели узнаваемой части реально существующего пространства, с целью привития обучаемому профессиональных навыков ориентировки и управления транспортным

средством в нормальных и предаварийных ситуациях [1]. Узнаваемая визуально наблюдаемая модель трёхмерного пространства должна синтезироваться в реальном масштабе времени с циклом смены изображения 80 м/сек [2]. Поставленная задача синтеза разбивается на несколько подзадач:

– разработка устройства индикации, позволяющего наблюдателю считать, что он видит реальное трёхмерное пространство и может профессионально тренировать свой глазомер визуально определяя расстояние до видимых моделей, так же как он визуально определяет расстояние до видимых объектов через окно кабины транспортного средства (решается за счёт подбора и использования специальных оптических систем доставляющих изображение с экранов формирования промежуточного изображения в определённые составляющие зрительного аппарата человека, как правило выбранных из ранее известных оптических преобразователей: двухканальных, воздействующих на диспарантность зрительного аппарата человека или одноканальных, воздействующих на аккомодацию и конвергенцию зрительного аппарата человека);

– разработка компьютерного генератора изображения (КГИ) способного за 80 м/сек синтезировать на экране формирования промежуточного изображения двухмерную проекцию трёхмерной сцены визуализации попавшей в данный момент времени в пирамиду видимости, математически связанную с нахождением глаз наблюдателя и направлением его взора в модели кабины транспортного средства (решается за счёт выбора одного из известных КГИ;

– разработка баз данных базы данных КГИ (выполняется во время проведения конструкторских работ по проектированию и изготовлению тренажёрного комплекса), где в виде удобном для максимально высокой скорости синтеза двухмерной проекции части сцены визуализации хранятся все примитивы, из которых набирается и закрашивается видимая на экране формирования промежуточного изображения двухмерная проекция части трёхмерной сцены визуализации.

Целью данной работы является выделить основные направления, по которым необходимо провести исследования для получения у обучаемого на тренажёре эффекта нахождения в реальном пространстве, объекты которого он видит через остекление кабины тренажёра.

От решения задачи моделирования визуальной виртуально наблюдаемой трёхмерной модели узнаваемой части реально существующего пространства зависит число учебных ситуаций, что в итоге определяет возможности рассматриваемого тренажёра для решения задач обучения, заданных Заказчиком. В наиболее исследованных авиационных комплексных тренажёрах моделирование трёхмерной модели окружающего пространства позволяет учить лётчиков такой сложной задаче как посадка летательного аппарата на реально существующий аэродром. При этом

лётчик в полном объёме приобретает профессиональные навыки пилотирования летательным аппаратом и частично навыки самолётовождения, так как обычно выход на точку четвёртого разворота проводится как «полёт в облаках» а визуальный заход на посадку выполняется с высоты 400 метров при полёте по глиссаде. Анализируя, что уже исследовано для улучшения качества обучения уже известных задач и создания новых учебных ситуаций применительно к решению задачи улучшения имитатора визуальной обстановки авторы пришли к вводу, что в настоящее время достаточно хорошо изучены оптическая часть устройства индикации, основные модули компьютерного генератора изображения и наименее изучены задачи создания баз данных КГИ, оптимизированных с целью получения максимально возможной визуальной информации для обучаемого с учетом технических характеристик всех узлов имитатора визуальной обстановки в комплексе.

При разработке баз данных для КГИ используются визуально наблюдаемые примитивы; полигоны-грани и огни и управляющие примитивы, исключающие из процесса синтеза визуально наблюдаемые примитивы, которые в данный момент в принципе видны не могут быть видны. При исследовании задач, возникающих при разработке баз данных для КГИ наименее исследованы задачи исключения из процесса обработки примитивов, которые не могут отображаться на экране формирования промежуточного изображения из-за удаления наблюдателя от места его расположения и разрешающей способности экрана формирования промежуточного изображения. Один из аспектов решения этой задачи – использование психофизических методов [3], рассматривающих возможности обнаружить сигнал [4]. В данном случае сигнал это высвечивание рассматриваемого примитива на экране формирования промежуточного изображения. По определению психофизика – узкая область физиологии, изучающая взаимодействие между объективно измеримыми физическими процессами и субъективными ощущениями, а шкалирование – одна из разновидностей измерительных методов, применяемых в психологии. Основы психофизики заложили немецкие исследователи XIX в. Густав Теодор Фехнер и Эрнст Генрих Вебер [1].

Для исследования поставленной задачи были проведены эксперименты. Учтём, что свечение пикселей на экране формирования промежуточного изображения [5] при постановке задачи исследовать какая информация поступает к человеку при просмотре изображения имею очень много похожего с задачей оценки изображения, напечатанного на листе типографским способом. Чтобы найти связь между объективными характеристиками (разрешением оттиска) и субъективно воспринимаемым качеством на примере цифровых фоторепродукций, было проведено индивидуальное тестирование, предъявление пар ахроматических оттисков и предъявление пар хроматических оттисков соответственно. В выборке

исследований участвовали студенты и магистранты специальности «Технология полиграфии и упаковочного производства» Кафедры полиграфии и веб-дизайна ИРИТ-РТФ Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

С целью создания одинаковых условий прохождения тестирования всеми испытуемыми была создана экспериментальная установка в виде кабины. Внутри помещался испытуемый, стул и поверхность, которая выполняет функцию стола. Установка изолирована от внешних источников света. Освещение внутри соответствует условиям стандарта *ISO 3664:2000* «Условия просмотра – полиграфия и фотография». Для проведения исследования использовался тест, который представлял собой сравнение пар черно-белых и цветных изображений, отпечатанных на отдельных листах бумаги формата *A4,* а в процессе прохождения теста испытуемый рассматривал каждую пару, сравнивал качество правого изображения с левым, и оценивал его как «лучше», «хуже» или «одинаково». Были получены данные респондентов для трех диапазонов разрешений. Для теста были выбраны три диапазона разрешений: 13-17, 24-39 и 44-153 точек/см, условно названных зонами «низких», «средних» и «высоких» разрешений соответственно.

Результаты тестов обрабатывались для каждого из трех диапазонов разрешений: 13-17 точек/см, 24–39 точек/см и 44-153 точек/см. Были найдены вероятности ложных тревог и построены зависимости частоты всех 9-ти исходов ответов от разности между разрешением правого и левого снимков. Зависимости, были построены на основе множества точек в виде линейной линии тренда. (рис. 1) По оси ординат оценка вероятностей ответов, по оси абсцисс разница разрешений.

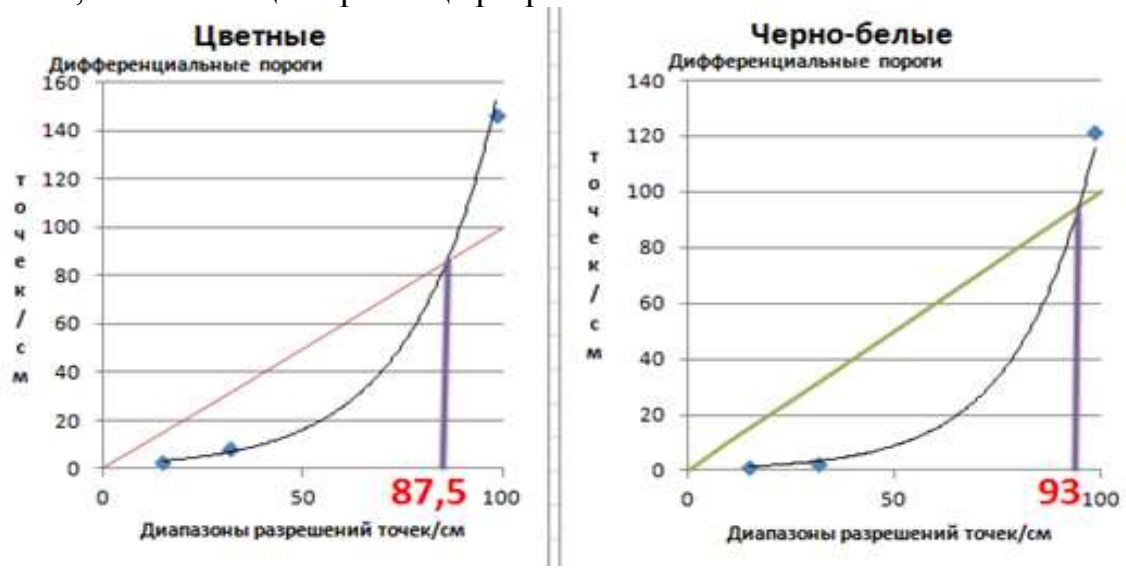


Рисунок 1. Определение порогового разрешения

На графиках было видно, что коэффициент при параметре *x* (интенсивность психологического восприятия) уменьшается по мере

увеличения разрешения. Для цветных и черно-белых изображений с низким и средним разрешением высокая достоверность аппроксимации. А для высоких разрешений обоих видов оттисков, R^2 (коэффициент ошибок) был очень низок, что говорит о слабой достоверности аппроксимации. Из чего можно сделать вывод, что при увеличении разрешения респондент, не замечая разницы, просто пытается угадать.

По оси ординат, найденные выше дифференциальные пороги точек/см, а по оси абсцисс диапазоны разрешений точек/см. Дифференциальные пороги находятся в близких диапазонах друг к другу. Из графиков было найдено предельное разрешение – разрешение, равное величине дифференциального порога. Его значение составило 87,5; 93 точек/см или 222,6; 236,6, точек/дюйм. Это позволило сделать вывод, что человек обрабатывая визуальную информацию имеет значительный порог по её восприятию как по разрешающей способности, так и интенсивности яркостных характеристик. Применительно к имитаторам визуальной обстановки, это означает определить порог необходимости высвечивания визуально наблюдаемого примитива, если при разрешающей способности 600×800 пикселей на экране формирования промежуточного изображения с размерами по диагонали 19” решение задачи обработки этого примитив для дальнейшего использования в процессе синтеза должна решаться как решение геометрической задачи – в принципе этот примитив примерно соответствует размерам пикселя выбранного экрана промежуточного изображения. Если размер этого примитива в двухмерной проекции занимает площадь меньше чем 0,8 площади пикселя экрана (имеется в виду суммарная площадь все трёх пикселей RGB, то целесообразно исключить этот визуально наблюдаемый примитив из дальнейшей обработки в данный такт режима реального времени.

Выводы:

1. Использование теории психофизической функции на основе теории обнаружения сигнала, позволяет провести исследование целесообразности дальнейшей обработки визуальных примитивов, исключив их из этого такта режима реального времени с помощью. Управляющих примитивов баз данных КГИ.

2. Исследование дифференциальных порогов и предельных разрешений для ощущения разницы между изображений показывает, что если размер визуального примитива на двухмерной проекции занимает площадь меньше чем 0,8 площади пикселя его целесообразно исключить из дальнейшей обработки в данный цикл режима реального времени.

Литература:

1. *V.R. Roganov, E.A. Asmolova, A.N. Seredkin, M.V. Chetvergova, N.B. Andreeva, V.O. Filippenko, "The problem of virtual space modeling in aviation simulators" in Life Science Journal. 2014. P. 11. No. 12s. – 1097 P.*

2. *Mikheev M.Yu., Roganov V.R., Andreev P.G., Goryachev N.V., Trusov V.A. "Developing the structure of the quality control system of power supply units in mobile robots" in 2017 IEEE June 29-30, 2017, Astana, Kazakhstan http://toc.proceedings.com/35400webtoc.pdf*
3. *Психофизика: законы Фехнера и Стивенса. Основные положения теории обнаружения сигнала. http://shpargalki.ru/news/34.html (дата обращения 12.10.2014).*
4. *Шиффман, Х. Ощущение и восприятие. – СПб.:Питер, 2003. – 928 с.*
5. *Istomin B.A., Ivanov S.A., Gerasimenko A.V., Roganov V.R., Istomin V.V., Istomina T.V. Description of the biological feedback using the elements of the theory of automatic control // In the collection: Modern technologies and the development of polytechnical education. Scientific electronic publication. 2016. – pp. 711-714.*

УДК 624.072

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ 5-ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА С ЦЕЛЬЮ НАДСТРОЙКИ ОДНОГО ЭТАЖА

***Н.Н. Ласьков**, доцент, д-р техн. наук, зав. кафедрой строительных конструкций*
***И.С. Гучкин**, профессор, канд. техн. наук, профессор кафедры строительных конструкций*
***О.В. Болдырева**, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры строительных конструкций*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Анализ состояния жилого фонда Поволжского региона показывает, что многие кирпичные здания старой застройки с целью улучшения условий проживания и расширения жилой площади нуждаются в реконструкции. Одним из широко известных методов реконструкции является надстройка здания, позволяющая значительно увеличить его объем.

Натурному обследованию [1] подлежали несущие конструкции 5-этажного кирпичного жилого дома в Первомайском районе г. Пензы расположенного на площадке с высоким уровнем грунтовых вод. Грунты в основании фундаментов за время длительной эксплуатации здания (43 года) уплотнились. По результатам исследований [3] увеличение нормативного сопротивления ΔR уплотненного глинистого грунта примерно составляет 25%…30%. Таким образом, рост нагрузки на основание при надстройке одного этажа не может оказать существенного влияния на величину осадки фундаментов, которая на период обследования не превышала допустимого значения.

Результаты обследования несущих конструкций здания показали.

Фундаменты под наружными стенами ленточные с глубиной подошвы 2,1 м, выполнены из бетонных блоков марок СП6 и Ф20. Фундаменты имеют мелкие трещины, но в целом находятся в

удовлетворительном состоянии. Стены выполнены из силикатного кирпича на цементно-песчаном растворе. В результате неравномерной осадки фундаментов в наружных стенах (рис.1), расположенных по рядам «А» и «В», образовались трещины шириной до 2 мм, локализующиеся в основном в пределах 1-го и 2-го этажей. Опасными являются вертикальные трещины в простенках 1-го этажа, существенно снижающие их прочность. Характерными повреждениями стен в цоколе является разрушение силикатного кирпича наружной версты, расположенного в нижних примыкающих к отмостке рядах кладки. Глубина повреждений составляет 60…120 мм. Внутренние стены имеют отдельные трещины шириной до 10 мм и находятся в удовлетворительном состоянии. Перекрытия над 1-м…5-м этажами выполнены из предварительно напряженных пустотных панелей, запроектированных под расчетную нагрузку (без учета собственного веса) 450 кгс/м^2. Панели находятся в удовлетворительном состоянии. Имеются незначительные трещины в швах между панелями. Балконы (козырьки над входами) выполнены из сборных железобетонных плит сплошного сечения. Характерными повреждениями плит являются отслоение защитного слоя и коррозия арматуры, расположенной в приконтурной зоне. Плиты, имеющие повреждения, нуждаются в ремонте. Внутренние лестницы сборные железобетонные, состоят из лестничных площадок и маршей. Лестницы имеют незначительные повреждения (выбоины) в ступенях и находятся в удовлетворительном состоянии.

Крыша деревянная чердачного типа, состоит из наслонных стропил и поддерживающих элементов (подкосов, прогонов). В местах протечек кровли на деревянных элементах крыши имеются повреждения, носящие локальный характер.

Таким образом, по результатам технической оценки [ВСН 53-86(р), табл. 4, 10, 30, 36] физический износ несущих конструкций составляет фундаменты и балконные плиты 0…20%; внутренние стены, перекрытия и лестницы 0…10%; наружные стены 1-го этажа 11…20%. Приведенные показатели физического износа небольшие и не могут быть препятствием для реконструкции и надстройки здания.

Проверка прочности несущих элементов здания

Внутренняя стена 1-го этажа.

Исходные данные: кладка стены из силикатного кирпича марки 100 на цементно-песчаном растворе марки 75 без видимых повреждений; толщина стены 380 мм; расчетное сопротивление кладки сжатию R = 1,7 МПа; упругая характеристика кладки α = 750 [2].

Расчетные нагрузки на участок стены шириной 1 м:

от крыши и чердака с грузовой площади 6×1 = 6 м^2 – 51,6 кН;

от междуэтажных перекрытий 1-го…4-го этажей – 171,84 кН;

от собственного веса стены высотой 15,2 м – 122,2 кН.

Полная расчетная сжимающая сила N = 345,64 кН.

Расчетная длина участка стены $l_0 = H = 3{,}8$ м; гибкость $\lambda = 10$; коэффициент продольного изгиба $\varphi = 0{,}84$

Расчетная несущая способность сечения стены

$\phi \cdot R \cdot A = 0{,}84 \times 1{,}7 \times 10^3 \times 0{,}38 = 542{,}6\,кН$, что существенно больше N = 345,64 кН.

Резерв нагрузки на стену составляет 542,6 – 345,64 = 196,96 кН/пм =19,7 тс/пм.

а.

б.

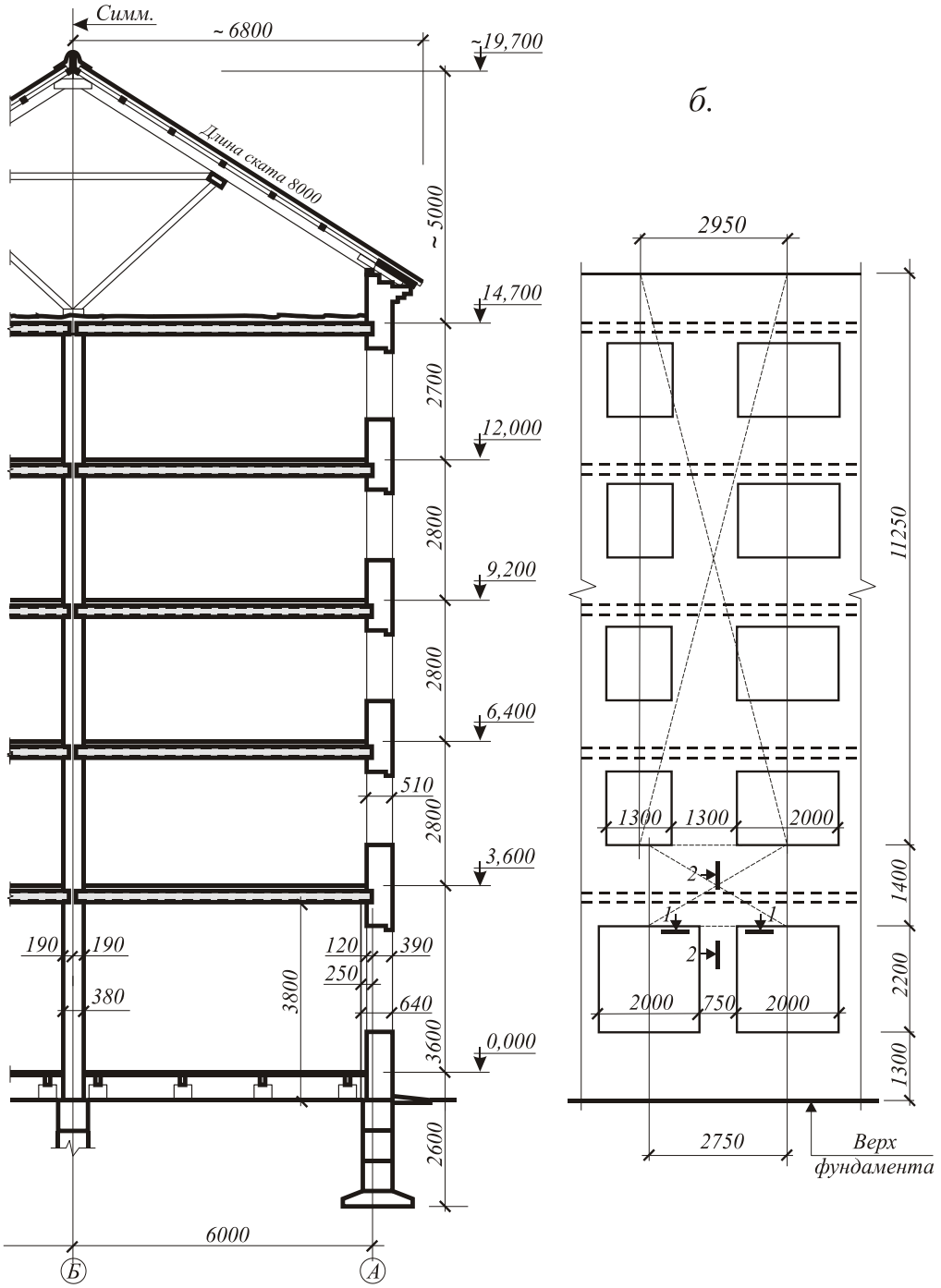


Рисунок 1. К расчету несущих стен: а – фрагмент разреза здания; б – расчетная схема простенка

Простенок 1-го этажа.

Проверку прочности выполняем из плоскости стены с учетом имеющихся повреждений вертикальными трещинами.

Исходные данные: Расчетное сопротивление кладки, поврежденной вертикальными трещинами, принимаем равным 0,5 $R = 0{,}5 \times 1{,}7 = 0{,}85$ МПа. Упругая характеристика кладки $\alpha = 750$.

Расчетные сосредоточенные нагрузки на простенок:

– от крыши и чердака с грузовой площади $3 \times 2{,}95 = 8{,}85$ м^2 – 76,11 кН;

– от междуэтажных перекрытий 2-го … 4-го этажей – 190,10 кН;

– от участка стены площадью $2{,}95 \times 11{,}25 = 33{,}19$ м^2 с учетом имеющихся оконных проемов – 240,70 кН;

– от участка стены площадью $2{,}75 \times 1{,}4 = 3{,}85$ м^2 – 38,70 кН;

– суммарная, действующая на простенок с эксцентриситетом e_1 = 0,065 м

$$N_1 = 76{,}11 + 190{,}10 + 240{,}70 + 38{,}70 = 545{,}61 \text{ кН};$$

– от перекрытия 1-го этажа, действующая с эксцентриситетом e_2 = 0,236 м

$$N_2 = 7{,}16 \times 8{,}25 = 59{,}07 \text{ кН};$$

– собственный вес простенка $N_3 = 37$кН.

Полная расчетная сосредоточенная нагрузка на простенок $N = N_1 + N_2 + N_3 = 545{,}61 + 59{,}07 + 37 = 641{,}68$ кН.

Расчетный изгибающий момент:

$$M = N_1 e_1 - N_2 e_2 = 545{,}61 \times 0{,}065 - 59{,}07 \times 0{,}236 = 21{,}52 \text{ кН·м}.$$

Эксцентриситет усилия N $e_0 = \frac{M}{N} = \frac{21{,}52}{641.68} = 0.033м.$

Площадь сжатой части сечения

$$A_c = A\left(1 - \frac{2e_0}{h}\right) = 0.75 \times 0.64\left(1 - \frac{2 \times 0{,}033}{0{,}64}\right) = 0{,}43м^2;$$

высота сжатой зоны $h_c = \frac{0{,}43}{0{,}75} = 0{,}574м.$

Расчетную длину простенка принимаем равной его свободной длине $l_0 = H = 3{,}8$ м.

$$\frac{H}{h_c} = \frac{3{,}8}{0{,}582} = 6{,}53;\ \varphi_c = 0{,}936, \text{ а при } \frac{l_0}{h} = \frac{3{,}8}{0{,}64} = 5{,}94\ \ \varphi = 0{,}95$$

$$\varphi_1 = \frac{\varphi_c + \varphi}{2} = \frac{0{,}936 + {,}95}{2} = 0{,}943.\ \ \varpi = 1 + \frac{e_0}{h} = 1 + \frac{0{,}033}{0{,}64} = 1{,}05.$$

Расчетная несущая способность сечения простенка с учетом ослабления кладки трещинами:

$$m_g \varphi_1 0{,}5R \cdot A_c \varpi = 1 \times 0{,}943 \times 0{,}5 \times 1{,}7 \times 10^3 \times 0{,}43 \times 1{,}05 = 361{,}9кН = 36{,}2тс,$$

что значительно меньше расчетной сжимающей силы N = 641,68 кН.

Таким образом, простенок перегружен на 44 % и нуждается в усилении.

Проверка прочности простенка 1-го этажа, усиленного стальной обоймой (рис. 2)

Исходные данные: Стальная обойма состоит из 4-х продольных уголков и поперечных планок, установленных с шагом s = 35 см. Уголки ∟63×5, $A_s' = 4 \times 6{,}13 = 24{,}52$ см^2. Планки 40×60 мм, $A_s = 2.4$ см^2.

Расчетные сопротивления уголков и планок соответственно равны R_{sc} = 43 МПа; R_{sw} = 150 МПа.

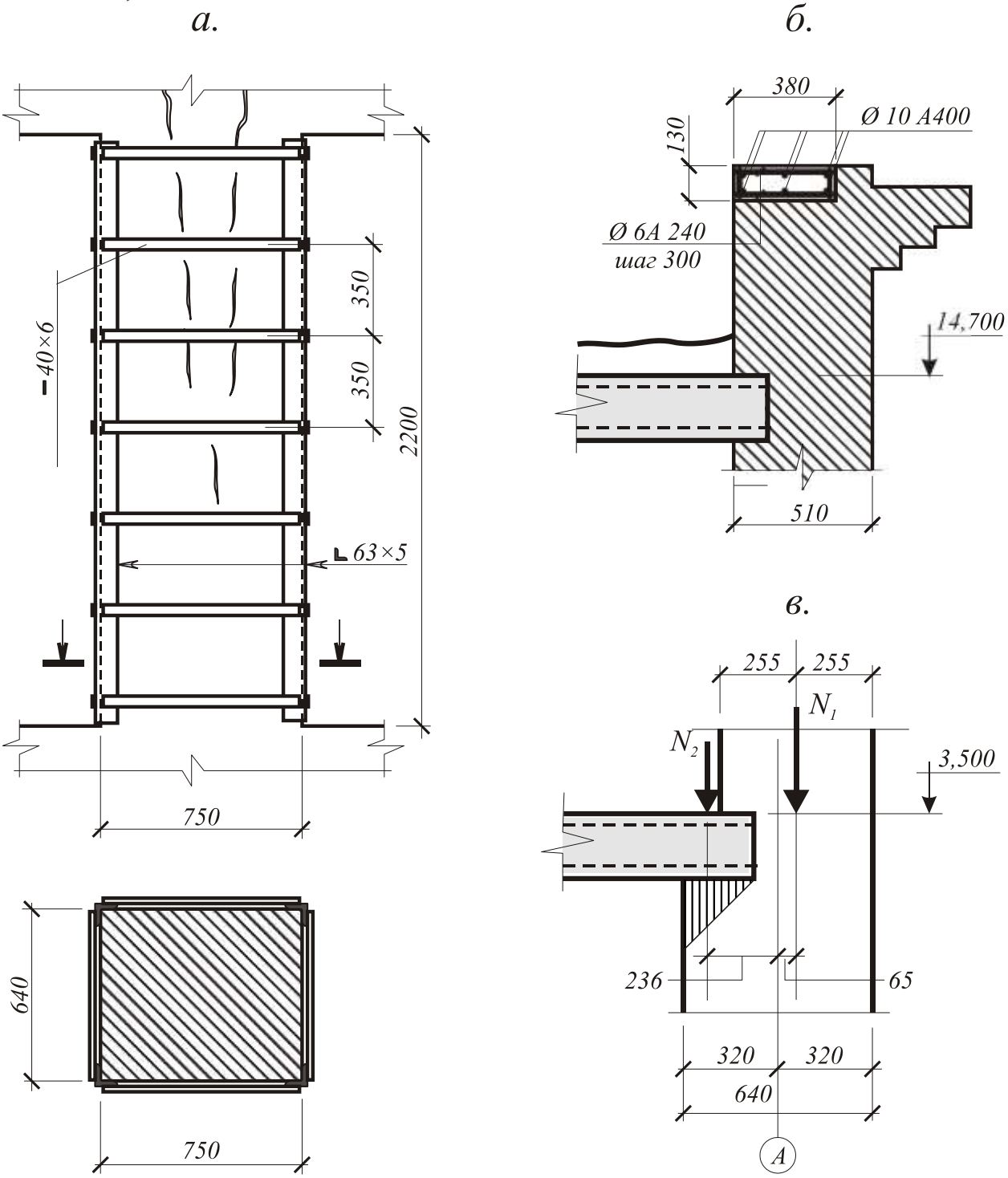


Рисунок 2. Усиление наружных стен: а *– усиление простенка; б – усиление наружных стен;* в *– расчетная схема простенка*

Расчетные параметры простенка

Продольная сила N = 641,68 кН; параметры сечения: h = 64 см; b = 75 см; A = 0,48 м^2; расчетное сопротивление кирпичной кладки R = 1,7 МПа; эксцентриситет e_0 = 3,3 см; коэффициент продольного изгиба φ = 0,943.

Находим усилие, воспринимаемое сечением усиленного простенка:

$$N_{сеч} = \phi \cdot \varphi_1 \cdot \left(m_g m R + \eta \frac{2{,}5\mu}{1+2{,}5\mu} \cdot \frac{R_{s\varpi}}{100} \right) A + R_{sc} A_s^{'}, \text{ где } \phi = 1 - \frac{2e_0}{h} = 1 - \frac{2 \times 3{,}3}{64} = 0{,}9;$$

$$\eta = 1 - \frac{4e_0}{h} = 1 - \frac{4 \times 3{,}3}{64} = 0{,}794; \; m_g = 1; \; m_k = 0{,}7; \; \mu = 0{,}397.$$

$$N_{сеч} = 0{,}9 \times 0{,}943 \times \left(1 \times 0{,}7 \times 1{,}7 \times 10^3 + 0{,}794 \frac{2{,}5 \times 0{,}397}{1 + 2{,}5 \times 0{,}397} \cdot \frac{150 \times 10^3}{100} \right) \times 0{,}48 + 43 \times 10^3 \times$$

$$\times 24{,}52 \times 10^{-4} = 831{,}9 кН;$$

$N < N_{сеч}$, 641,68 < 831,9 кН.

Резерв нагрузки на усиленный простенок составляет 831,9 – 641,68 =190,2 кН = 19 тс.

Находим резерв нагрузки на простенок без трещин и усиления.

Усилие, воспринимаемое сечением простенка:

$$N_{сеч} = m_g \cdot \varphi_1 \cdot R \cdot A_c \cdot \varpi = 1 \times 0{,}943 \times 1{,}7 \times 10^3 0{,}43 \times 1{,}05 = 723{,}8 кН = 72{,}4 тс.$$

$N < N_{сеч}$, 641,68 < 723,8 кН – резерв нагрузки на неусиленный простенок составляет 723,8 – 641,68 = 82,12 кН =8,2 тс.

В итоге констатируем, что надстройка здания возможна при усилении ослабленных трещинами простенков 1-го этажа и устройстве железобетонного пояса (рис. 2, б).

Резерв расчетной нагрузки на несущие конструкции составляет: на панели перекрытия пятого этажа – 0,4тс/м^2, на внутреннюю стену ряда «Б» – 19,7 тс/пм, на простенки 1-го этажа ряда «А», не имеющие повреждений – 8,2 тс, а на поврежденные, но усиленные стальной обоймой – 19 тс.

Расчетный срок службы реконструируемого здания не менее 30 лет.

Литература:

1. *СП 13-102-2003. Правила обследования несущих конструкций зданий и сооружений. – М., 2003. – 23 с.*
2. *Пособие по проектированию каменных и армокаменных конструкций (к СНиП П-22-81). М., 1989. – 148 с.*
3. *Гучкин И.С., Полежай П.А. Определение расчетного сопротивления грунта в основании фундаментов эксплуатируемого здания: Сб. статей Междунар. науч.-практ. конф. ПГУАС – Пенза – 2011. – с. 98-100.*

УДК 624.042.1:69.022

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РЕБРИСТОГО МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ

***Н.Н. Ласьков**, доцент, д-р техн. наук, зав. кафедрой строительных конструкций*
***И.С. Гучкин**, профессор, канд. техн. наук, профессор кафедры строительных конструкций*
***О.В. Болдырева**, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры строительных конструкций*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Кафедрой СК Пензенского ГУАС проводились работы по разработке конструкции повышения несущей способности монолитного перекрытия склада бумаги цеха ЦПО ОАО «Маяк», а также испытание одной ячейки перекрытия.

Здание склада бумаги цеха ЦПО ОАО «Маяк» г. Пензы двухэтажное с монолитным каркасом и перекрытиями. Основными несущими элементами перекрытия являются главные и второстепенные балки и плита перекрытия, монолитно связанные друг с другом. На рис. 1 показан общий вид монолитного перекрытия.

Рисунок 1. Общий вид монолитного перекрытия

В результате изменения технологического процесса потребовалось увеличение несущей способности монолитного перекрытия второго этажа. Для увеличения несущей способности перекрытия было решено использовать метод наращивания плиты перекрытия. Наращиваемая часть

плиты перекрытия связывалась с главными и второстепенными балками системой обойм и хомутов (рис. 2).

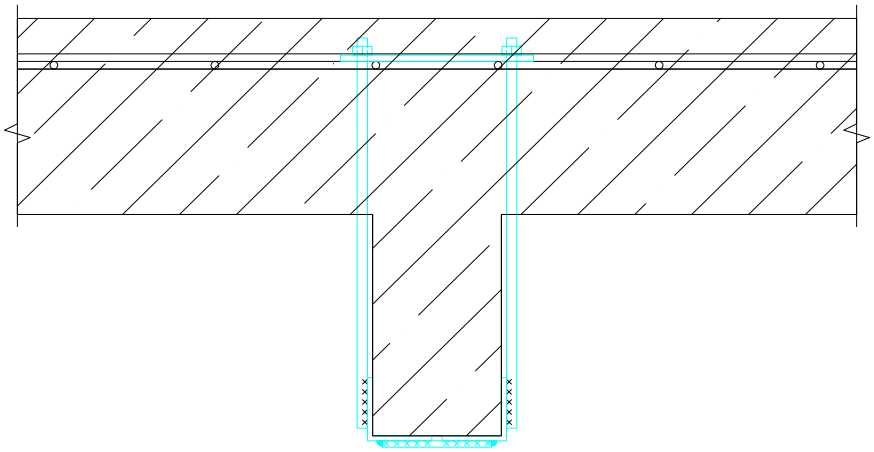


Рисунок 2. Схема соединения наращиваемой части плиты с балками

Работы выполнялись дочерней строительной организацией «МАЯК» строймонтаж.

Все работы по монтажу арматурных изделий были выполнены качественно и в соответствии с проектом усиления перекрытия. Дополнительно были установлены уголки 100х8 по периметру стен здания и вокруг колонн. К ним были приварены рабочие стержни сетки перекрытия. Это обеспечило их надежную анкеровку в бетоне плиты.

Бетонная смесь приобреталась в компании АРТстрой и доставлялась на строительную площадку миксерами. Бетонная смесь уплотнялась с помощью виброрейки.

С каждого миксера брались пробы бетона и испытывались в строительной лаборатории г. Пензы. Результаты испытаний показали, что бетон соответствовал проектной марки.

Проектом предусматривалась защита стальных элементов усиления перекрытия штукатурным раствором. Эти работы остались не выполненными.

Результаты испытания перекрытия

Для испытания была выбрана ячейка перекрытия в осях 2-3 между рядами Б-В общей площадью в осях 5х6,5=32,5 м^2. Расположение ячейки приведено на листе 1 проекта усиления. Нагружение перекрытия производилось рулонами бумаги весом по 600 кг. Рулоны устанавливались вплотную друг к другу, по четыре штуки по высоте. Общий вид нагружения приведен на рис. 3 и рис. 4.

В ходе испытания производились замеры прогибов главной балки по оси 2 между рядами Б-В и четырех второстепенных балок, расположенных в осях 2-3 между рядами Б-В. Нумерация этих балок начиналась с балки по ряду Б в сторону ряда В. Прогибы измерялись индикаторами часового типа,

которые устанавливались под балки на рулоны бумаги. Общий вид установки приборов показан на рис. 5.

Рисунок 3. Общий вид загружения главной балки по оси 2 в рядах Б-В и второстепенной балки по ряду Б в осях 2-3

Рисунок 4. Общий вид полного загружения ячейки перекрытия в осях 2-3 между рядами Б-В

Общая нагрузка на испытываемую ячейку составила 1200 кН, что соответствует 22,15 КПа (2215 кг/м^2) при площади испытываемой ячейки

32,5 м^2. При этом прогибы главной балки составил $f_{Гб}$ =1,65 мм при нормативном равным [f]=25 мм. Прогибы второстепенных балок составили №1 $f_{вт1}$ =1,18 мм;

№2 $f_{вт2}$ =2,08 мм; №3 $f_{вт3}$ =1,34 мм; и № 4 $f_{вт1}$ =2,83 мм при нормативном равным [f]=25 мм.

После нагружения ячейки перекрытия до 1200 кН была сделана выдержка на 18 часов. После чего снова были замерены прогибы балок. Увеличение прогибов после выдержки было незначительным и составляло 0,1-0,2 мм.

Рисунок 5. Общий вид установки индикаторов

На основании проведенных исследований выявлено, что усиление перекрытия выполнено качественно и в основном соответствует проекту.

Испытанием установлено, что усиленное перекрытие выдержало нагрузку 22,15 КПа (2215 кг/м^2). При этом прогибы несущих элементов перекрытия были в 10-15 раз ниже нормативных.

В тоже время испытание проводилось действием кратковременной нагрузки, а перекрытие предусматривается эксплуатировать при длительно действующей нагрузке и некоторые несущие элементы здания (колонны и фундаменты) не проверялись, то окончательное значение несущей способности перекрытия необходимо назначать с учетом понижающего коэффициента.

Таким образом, с учетом проведенных исследований, окончательно разрешается усиленное перекрытие эксплуатировать при общей полезной нагрузке 20 КПа (2000 кг/м^2).

УДК 621.865.8

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОБЛОКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ

***В.В. Лянденбурский**, канд. техн. наук, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта*
***П.М. Экимов**, аспирант кафедры эксплуатации автомобильного транспорта*
***С.П. Марущенко**, аспирант кафедры эксплуатации автомобильного транспорта*
***И.И. Фахрутдинов**, студент группы ЭТМК-31*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В настоящее время для многих современных автоматических коробок переключения передач (АКПП) свойственно иметь толчки или удары при переключении передачи или вовсе обездвиживании автомобиля.

Гидроблок – это блок клапанов, гидроплита, выполняющая диспетчерские функции, состоящая из сложнейшей системы масляных каналов, соленоидов и гидроаккумуляторов с датчиками. Управляется в свою очередь ЭБУ с помощью электросигналов. Клапана гидроблока направляют потоки масла, идущие внутри коробки под давлением от маслонасоса к фрикционам для сжатия и переключения передач.

На гидроблок приходится основная максимальная нагрузка, поэтому чаще всего именно этот элемент выходит из строя. Основными причинами поломок гидроблока могут служить:

- загрязнение продуктами износа;
- нарушение герметичности или пропускной способности масляных каналов;
- перегрев;
- разрыв электрических цепей;
- нарушение работоспособности отдельных деталей.

Как правило, все вышесказанные причины устраняются промывкой и ремонта гидроблока.

Нынешние современные автоматические коробки передач делают более сложными, многоступенчатыми и дорогими, но в большинстве случаев демонтаж гидроблока процесс не сложный. Обычно он расположен под картером в нижней части коробки. Для того, чтобы снять гидроблок не нужна полная разборка АКПП, только лишь появляется необходимость слить масло. После демонтажа, все масляные каналы промываются от металлической стружки и иных продуктов износа, так как зачастую большое количество стружки может привести к клину. Так же проверяются

соленоиды на работоспособность, так как нерабочий соленоид не способен подавать сигналы (щелчки).

Немаловажным деталью проверки является работоспособность плиты гидроблока, т.к. возможно образования абразивного эффекта из-за перемещения продуктов износа под давлением. Так и образуются задиры, выбоины. Если данные изъяны невозможно устранить, то весь гидроблок подлежит замене.

Для конкретного примера неисправности АКПП, а именно в отключении двигателя после переключение передачи при отжатой педали газа, после проведения анализа диагностической информации был сформирован алгоритм (рис. 1), целью работы которого является выявление исследуемых неисправностей АКПП. Последовательность работы данного алгоритма заключается в наблюдении показателей приборов и соответствия их данных с заложенными изначально условиями.

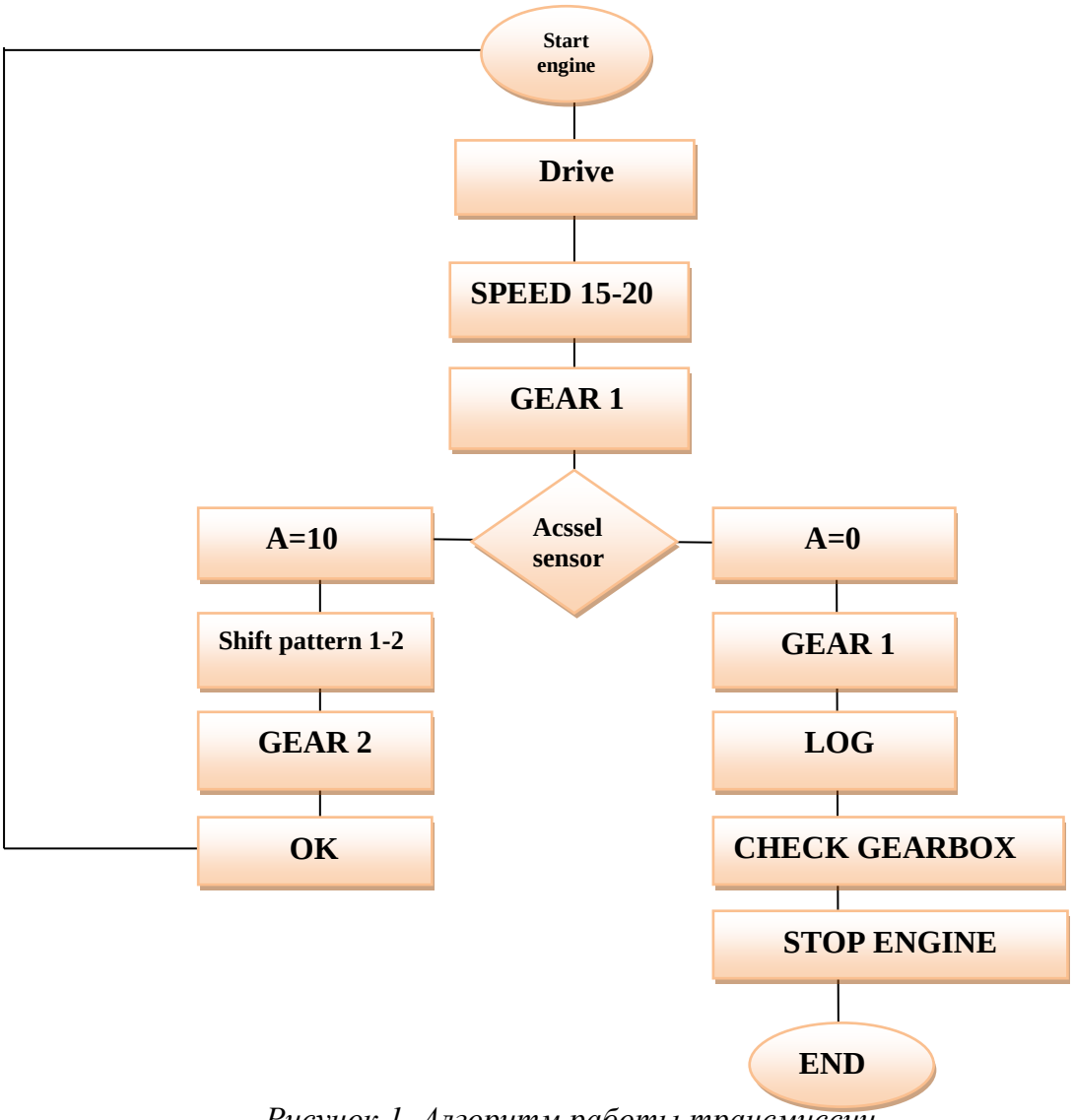


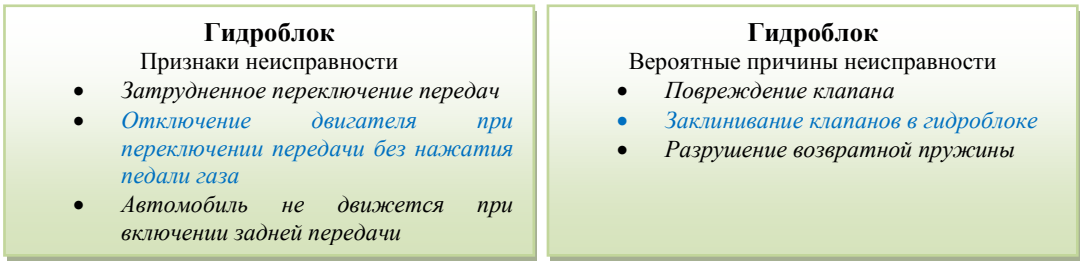
Рисунок 1. Алгоритм работы трансмиссии

На рис. 1 обозначены: Drive – параметр, отслеживающий

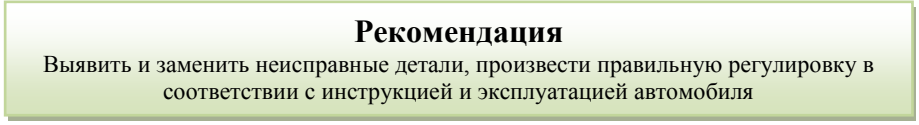
переключение селектора АКПП в положение "D"; Vehicle speed – параметр, отображающий текущую скорость автомобиля; Gear ratio – параметр, отображающий текущую передачу автомобиля; Accsel sensor – параметр, отражающий степень нажатия педали акселератора; K/D Mode – параметр, отражающий включение режима «kick -down»; Shift pattern – параметр, отражающий переключение передач; Engine speed – количество оборотов к/в двигателя; Throttle sensor position (TPS) – параметр, отражающий степень открытия дроссельной заслонки; MAF Sensor – параметр, отражающий количество воздуха, поступающего во впускной тракт ДВС; ERROR – наличие неисправности; LOG – отчет, содержащий детализированную запись параметров; CHECK GEARBOX – сообщение о наличии неисправности АКПП и необходимости ее диагностирования с учетом записанных параметров.

а) главное меню; б) выбор системы автомобиля

в) выбор типа КПП; г) выбор элемента АКПП



д) характер неисправности; е) причины неисправности



ж) рекомендации

Рисунок 2. Окна программы бортовой системы диагностирования

Приведенный алгоритм предназначен для определения неисправности АКПП. Он осуществляет свою работу путем сравнения фактических показаний контрольно-измерительных приборов автомобиля с показаниями, полученными при проведении эксперимента.

Рассмотрим конкретный автомобиль, имеющий неисправность: отключение двигателя при переключении передачи без нажатой педали акселератора (рис. 2).

Заклинивание клапанов в гидроблоке сопровождается переходом АКПП в аварийный режим, не позволяющий повысить обороты двигателя в соответствии с заложенной в электронном блоке управления информацией.

Литература:

1. *ГОСТ Р 51709-2001 "Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и условия проверки". М, Госстандарт России. – М.: Изд-во стандартов. – 2001. 43 с.*
2. *ГОСТ 26–003–80 ЕССП. Система интерфейса для измерительных устройств с байт-последовательным и бит-параллельным обменом информацией. – М.: Изд-во стандартов. – 1980. – 78 с.*
3. *Лянденбурский, В.В. Встроенные средства для контроля работоспособности и перемещения автомобилей /моногр./ В.В. Лянденбурский, – Пенза: ПГУАС, 2010. – 112 с.*
4. *Лянденбурский В.В. Совершенствование компьютерного обеспечения технической эксплуатации автомобилей: монография / В.В. Лянденбурский, А.С. Иванов – Пенза, ПГУАС 2012. - 398 с.*
5. *Лянденбурский, В.В. Эффективность применения систем диагностирования и саморегулирования при эксплуатации автомобилей / В.В. Лянденбурский, А.И. Тарасов, А.В. Федосков // Мир транспорта и технологических машин. – 2011. – № 1. – с. 51-56.*
6. *Лянденбурский, В.В. Анализ и перспективы встроенных средств диагностирования автомобилей: монография / В.В. Лянденбурский, Г.И. Шаронов, М.В. Нефедов. – lap-lambert-academic-publishing, 2014. – 308 с.*
7. *Лянденбурский В.В. Встроенная система диагностирования автомобилей с дизельным двигателем / Лянденбурский В.В., Родионов Ю.В., Кривобок С.А., // Автотранспортное предприятие. – М., 2012. № 11. - с. 45-48.*
8. *Лянденбурский В.В. Вероятностно-логический метод поиска неисправностей автомобилей / Лянденбурский В.В., Тарасов А.И., Федосков А.В., Кривобок С.А. // Мир транспорта и технологических машин. –2011. – № 4. – с. 3-9.*
9. *Лянденбурский, В.В. Виртуальное диагностирование топливной системы дизельного двигателя / В.В. Лянденбурский, Иванов А.С., Родионов Ю.В., Кравченко Е.В. // Мир транспорта и технологических машин. – 2012. – № 4. – с. 3-8.*
10. *Экимов, П.М. Контроль неисправностей автоматической коробки передач / П.М. Экимов, В.В. Лянденбурский, Н.Б. Борисов // Бюллетень транспортной информации. – 2017. – № 10. – с. 16-19.*

УДК 691.327:666.972

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ

Н.И. Макридин, *профессор, д-р техн. наук, проф. кафедры «Технологии строительных материалов и деревообработки»*
Ю.В. Полубарова, *аспирант*
Е.Д. Коннов, *студент группы СТ-28м*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Добавка ПДО-М является комплексной ускоряюще-пластифицирующей добавкой, приготовленной на основе отходов предприятий ПО «Марбиофарм». Основными компонентами добавки являются сульфат натрия – отход производства аскорбиновой кислоты, действующий как ускоритель твердения, и последрожжевой остаток от производства кормовых дрожжей – как пластификатор [1, 2].

Влияние дозировки добавки ПДО-М на прочностные характеристики бетона оценивали на двух видах портландцемента: на бездобавочном Старооскольском М500-Д0 с нормальной густотой 0,257 и Вольском с добавкой опоки М500-Д20 с нормальной густотой 0,285.

Минералогический и химический составы названных цементов приведены в таблицах 1 и 2 соответственно.

Таблица 1

Минералогический состав портландцементов

Наименование цемента	Марка цемента	Минералогический состав, %				Вид и количество добавки, %
		C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	
Старооскольский	М 500-Д0	62	17	6	13	-
Вольский	М 500-Д20	60	16	6	15	Опока до 20

Таблица 2

Химический состав портландцементов

Наименование цемента	Химический состав								ППП
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	
Старооскольский	22,30	5,06	4,19	65,45	2,03	2,60	0,25	0,25	1,28
Вольский	23,58	4,87	4,61	59,60	1,60	3,27	0,26	0,77	1,86

Для изготовления опытных образцов использовали также Сурский речной песок с $M_{кр}$=1,63 и высокопрочный гранитный щебень фракции 5-10 мм. На каждом виде цемента было изготовлено по три серии образцов бетона постоянного состава, которые характеризовались одинаковой

удобоукладываемостью, твердением в одних условиях и разным содержанием добавки ПДО-М.

В табл. 3 приведены значения расхода компонентов, показатели удобоукладываемости, соответствующие им В/Ц отношения и режимы термовлажностной обработки (ТВО).

Таблица 3

Технологические показатели получения цементных композитов

№№ серии	Расход материалов на 1 м^3 бетона, кг			ПДО-М, %	В/Ц	ОК, см	Режим ТВО, час	Температура изотермии, °С
	Ц	П	Щ					
На Старооскольском цементе								
1	385	774	1100	–	0,539	2-4	12+2+6+3	70
2	385	774	1100	1,0	0,480	2-4	12+2+6+3	70
3	385	774	1100	2,0	0,443	2-4	12+2+6+3	70
На Вольском цементе								
1	385	774	1100	–	0,595	2-4	12+2+6+3	70
2	385	774	1100	1,0	0,455	2-4	12+2+6+3	70
3	385	774	1100	2,0	0,443	2-4	12+2+6+3	70

Из экспериментальных данных, приведенных в таблице 3, следует, что при прочих равных технологических факторах изготовления образцов сравниваемых серий их отличие друг от друга состояло в том, что образцы бетона первой серии (контрольные) изготовлены без применения добавки ПДО-М, а образцы второй и третьей серии – с добавкой ПДО-М в количестве 1 и 2 % от массы цемента соответственно. Из данных таблицы 3 также видно, что при получении бетонной смеси постоянной удобоукладываемости на Старооскольском цементе с использованием добавки ПДО-М можно добиться снижения расхода воды на 11–18 %, что позволяет отнести ПДО-М к водоредуцирующей добавке II группы по ГОСТ 24211-2008. В бетонных же смесях на основе Вольского цемента ПДО-М позволяет снизить расход воды на 23–25%, что дает основание отнести ПДО-М в этом случае к водоредуцирующей добавке I группы. Изменение водоредуцирующей способности добавки ПДО-М на сравниваемых цементах, вероятнее всего, обусловлено наличием минеральной добавки.

На графиках рисунков 1 и 2 приведены полученные в наших опытах экспериментальные зависимости влияния дозировки ПДО-М на характер изменения прочности $R_{ри}$ и $R_{сж}$ во времени после ТВО образцов бетона на основе Старооскольского цемента. На графиках рисунков 3 и 4 приведены аналогичные зависимости, полученные на образцах бетона на основе Вольского цемента [3, 4].

Из анализа графических зависимостей рис. 1 и 2 следует отметить, что применение добавки ПДО-М при принятых условиях режима ТВО способствовало незначительному, то есть примерно на 10 %, повышению прочности на сжатие сразу после ТВО на образцах бетона с добавкой ПДО-

М=2 % и более заметному повышению прочности $R_{ри}$ сразу после ТВО на 16,5 и 30 % для образцов второй и третьей серий соответственно.

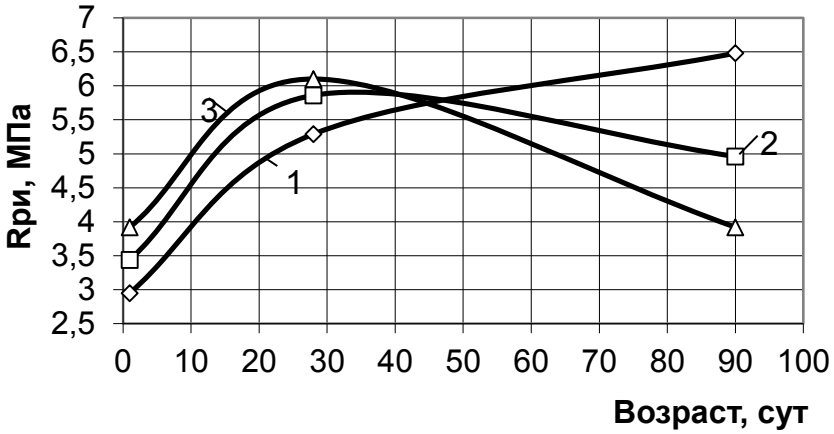


Рисунок 1. Зависимость прочности $R_{ри}$ от дозировки добавки ПДО-М и возраста бетона: 1 – °С·час=420; В/Ц=0,539; ПДО-М=0 %; 2 – °С·час=420; В/Ц=0,480; ПДО-М=1 %; 3 – °С·час=420; В/Ц=0,443; ПДО-М=2 %

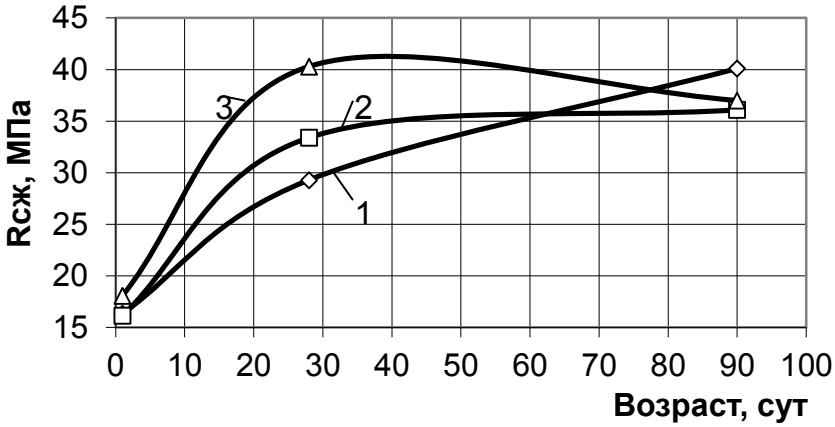


Рисунок 2. Зависимость прочности $R_{сж}$ от дозировки добавки ПДО-М и возраста бетона: 1 – °С·час=420; В/Ц=0,539; ПДО-М=0 %; 2 – °С·час=420; В/Ц=0,480; ПДО-М=1 %; 3 – °С·час=420; В/Ц=0,443; ПДО-М=2 %

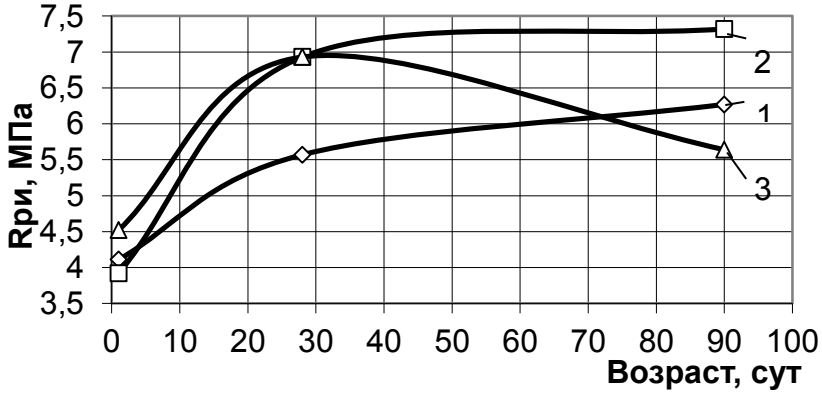


Рисунок 3. Зависимость прочности $R_{ри}$ от дозировки добавки ПДО-М и возраста бетона:1 – °С·час=420; В/Ц=0,595; ПДО-М=0 %; 2 – °С·час=420; В/Ц=0,455; ПДО-М=1 %; 3 – °С·час=420; В/Ц=0,443; ПДО-М=2 %

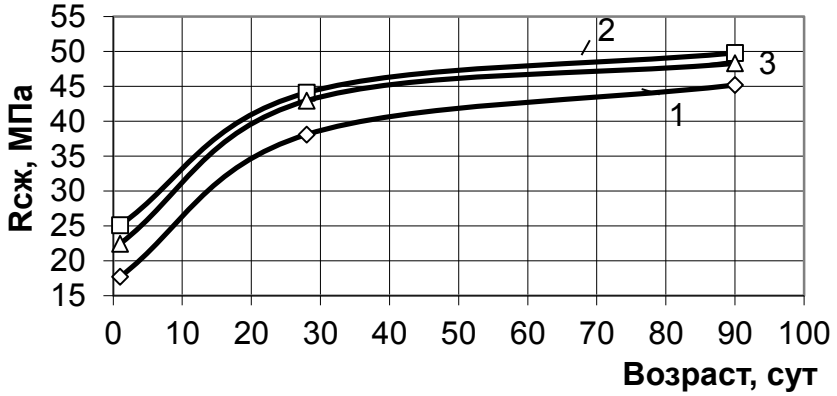


Рисунок 4. Зависимость прочности $R_{сж}$ от дозировки добавки ПДО-М и возраста бетона: 1 – °С·час=420; В/Ц=0,595; ПДО-М=0 %; 2 – °С·час=420; В/Ц=0,455; ПДО-М=1 %; 3 – °С·час=420; В/Ц=0,443; ПДО-М=2 %

К 28-суточному возрасту кинетика набора прочности $R_{ри}$ и $R_{сж}$ на образцах с добавкой ПДО-М существенно опережала кинетику набора прочности контрольных образцов.

Превышение проектной прочности $R_{сж}$ образцов с добавкой ПДО-М относительно контрольного состава достигало 38 %, а прочности $R_{ри}$ – соответственно 15 %. Однако в период от 28 до 90 суток наблюдали заметное изменение кинетики набора прочности $R_{ри}$ и $R_{сж}$ на образцах с добавкой ПДО-М в сторону уменьшения $R_{ри}$ и в сторону уменьшения $R_{сж}$ (кривая 3) при дозировке добавки в количестве 2 %, а при дозировке добавки в количестве 1 % уменьшение прочности за наблюдаемый период времени было заметно меньше (кривая 2).

В то же время кинетика изменения прочности $R_{ри}$ и $R_{сж}$ контрольных образцов показывала дальнейшее существенное повышение их прочностных свойств. На основании анализа графических зависимостей рисунков 1 и 2 следует констатировать, что применение добавки ПДО-М при принятом режиме ТВО оказывало негативное влияние на синтез прочности бетона в более поздние сроки после проектного возраста.

Из анализа графических зависимостей рис. 3 и 4 следует отметить, что формирование и набор прочности бетона на Вольском портландцементе с добавкой ПДО-М носит более позитивный характер по сравнению с бетоном на основе Старооскольского цемента.

Столь заметное различие в кинетике набора прочности $R_{ри}$ и $R_{сж}$ образцов бетона на основе сравниваемых цементов при использовании добавки ПДО-М, на наш взгляд, можно объяснить механизмом адсорбции ускоряюще-пластифицирующей добавки. Вероятно, в дисперсных системах на основе Вольского портландцемента с минеральной добавкой поверхность тонкодисперсной опоки является более предпочтительной для адсорбции добавки ПДО-М, что способствует более оптимальному физико-

химическому взаимодействию активных центров на поверхности частиц цемента с водой в длительные сроки твердения.

Литература:

1. *Рекомендации по подготовке и утилизации отходов предприятий ПО «Марбиофарм» и приготовлению на их основе ускоряюще-пластифицирующей добавки ПДО-М для сборного и монолитного железобетона // Пенза: ПИСИ – ПО «Марбиофарм», 1989. – 14 с.*
2. *Рекомендации по применению ускоряюще-пластифицирующей добавки ПДО-М в производстве сборного и монолитного железобетона // Пенза: НИИЖБ – ПИСИ, 1989. – 16 с.*
3. *Макридин Н.И., Королев Е.В., Максимова И.Н. Структурообразование и конструкционная прочность цементных композитов // М.: МГСУ, 2013. – 152 с.*
4. *Максимова И.Н., Макридин Н.И., Ерофеев В.Т., Скачков Ю.П. Прочность и параметры разрушения цементных композитов // Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2015. – 360 с.*

УДК 691.327:666.973

О ХАРАКТЕРЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ КОНСТРУКЦИОННОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА ПРИ ОСЕВОМ СЖАТИИ

Н.И. Макридин, *профессор, д-р техн. наук, проф. кафедры «Технологии строительных материалов и деревообработки»*
Ю.В. Полубарова, *аспирант*
А.В. Языкеев, *студент группы СТ-28м*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

На основе экспериментальных данных, полученных как отечественными, так и зарубежными исследователями, в работе [1] отмечено, что на пористых заполнителях с различной плотностью могут быть получены одинаковые прочности легкого бетона с резко отличным модулем упругости. Эти данные позволяют утверждать, что модуль упругости легкого бетона в значительной мере зависит от деформативности пористого заполнителя.

Исходя из этого, дальнейшее всестороннее изучение физико-механических свойств отдельных зерен крупных пористых заполнителей позволит разработать более четкие физические представления о процессах деформирования и разрушения легкого бетона под нагрузкой, и на этой основе решить ряд практических задач.

Основная цель выполненной авторами работы – расширить ранее сформулированные взгляды на закономерности прочностных и деформативных свойств заполнителей, исходя из особенностей их строения

и степени пористости, и интерпретируя на этой основе диаграмму сжатия керамзитобетона и процесс его ползучести.

При оценке физико-механических свойств зерен керамзита при осевом сжатии результаты измерений в значительной степени определяются методикой подготовки образца и проведения испытания. В наших опытах мы использовали образцы-призмы правильной геометрической формы, которые получали путем обтачивания керамзитовых гранул. Это позволяло вести их испытание по физической оси вплоть до разрушающей нагрузки, тогда как любой другой прием подготовки образца не удовлетворяет этому условию, что, в свою очередь, не позволяет четко изучить физический процесс развития деформаций керамзитового образца с ростом уровня напряжений, и проанализировать интересующие нас взаимосвязи. Применение подобных образцов, полученных из пористого ядра гранул керамзита, позволяет также провести сравнительную оценку деформативных свойств пористой структуры заполнителей, различных по происхождению и первоначальной форме. Испытание образцов на сжатие проводили с применением динамометров сжатия типа ДОСМ. Деформативность замеряли тензометрическим способом, для чего на грани образцов наклеивали тензодатчики омического сопротивления.

В опытах был использован керамзитовый гравий никольского, октябрьского и пензенского заводов с плотностью в куске от 0,4 до 1,0 г/см^3. Известно, что зерна керамзита имеют разное строение в зависимости от исходного глинистого сырья и режима его вспучивания. В работе [2] показано, что модуль упругости обжиговой корки превышает модуль упругости зерна керамзита в несколько раз. Отсюда мы полагаем, что толщина обжиговой корки на гранулах будет оказывать существенное влияние на модуль упругости как керамзита, так и бетона на его основе. Определение толщины обжиговой корки гранул исследуемых керамзитов показало, что керамзит никольского завода обладал корочкой толщиной 0,12–0,17 мм, октябрьского – 0,8–1,3 мм, пензенского – 0,5–2,0 мм. При изучении деформативности зерен керамзита закономерно ожидать, что деформативные свойства зерен керамзита со слабо выраженной обжиговой коркой (никольский керамзит), установленные на образцах правильной геометрической формы, будут подобны указанным свойствам его реальных гранул. В то время как для пензенского керамзита такой аналогии, вероятно, провести нельзя.

На основе никольского керамзита изготавливали бетон условной марки 300, на основе пензенского – 200. Расход материалов на 1 м^3 бетона условной марки 300 составлял: цемента – 450 кг, керамзитового гравия – 530 кг, кварцевого песка – 650 кг и воды – 170 л. Расход материалов на 1 м^3 бетона условной марки 200 составлял: цемента – 429 кг, керамзитового гравия – 510 кг, кварцевого песка – 825 кг и воды – 229 л. Образцы

формовали при стандартных параметрах вибрации с использованием пригруза 0,005 МПа.

В возрасте 38–46 суток часть образцов на основе никольского керамзита была загружена на длительное осевое сжатие с интенсивностью сжатия $0{,}4R_{пр}$ и $0{,}6R_{пр}$. Спустя 600 суток эти образцы были разгружены. В дальнейшем образцы, подвергавшиеся длительному действию осевой сжимающей нагрузки, для краткости мы будем называть рабочими.

Изучение диаграмм сжатия и характера разрушения контрольных и рабочих образцов-призм проводили в возрасте 28–38 и 645–980 суток. Призмы размером 10×10×40 см испытывали путем приложения кратковременной статической осевой сжимающей нагрузки. Нагрузку прикладывали ступенями в 0,1 ожидаемой призменной прочности вплоть до разрушения. Структурные изменения бетона под нагрузкой контролировали измерением продольных и поперечных деформаций. На основе обработанных экспериментальных данных установлены определенные взаимосвязи, представленные на рисунках 1, 2 и 3.

На рисунках 1 и 2 представлены кривые изменения модуля деформации керамзитобетона, полученные на контрольных образцах, в зависимости от уровня напряжений с учетом пластических деформаций, протекающих при центрировании образцов. Как видно из графиков рисунка 1, модуль деформации бетона на основе никольского керамзита растет с увеличением интенсивности напряжений до уровня $0{,}7–0{,}8R_{пр}$. Модуль же деформации бетона на пензенском керамзите, как следует из графиков рисунка 2, напротив, уменьшается с ростом уровня напряжений.

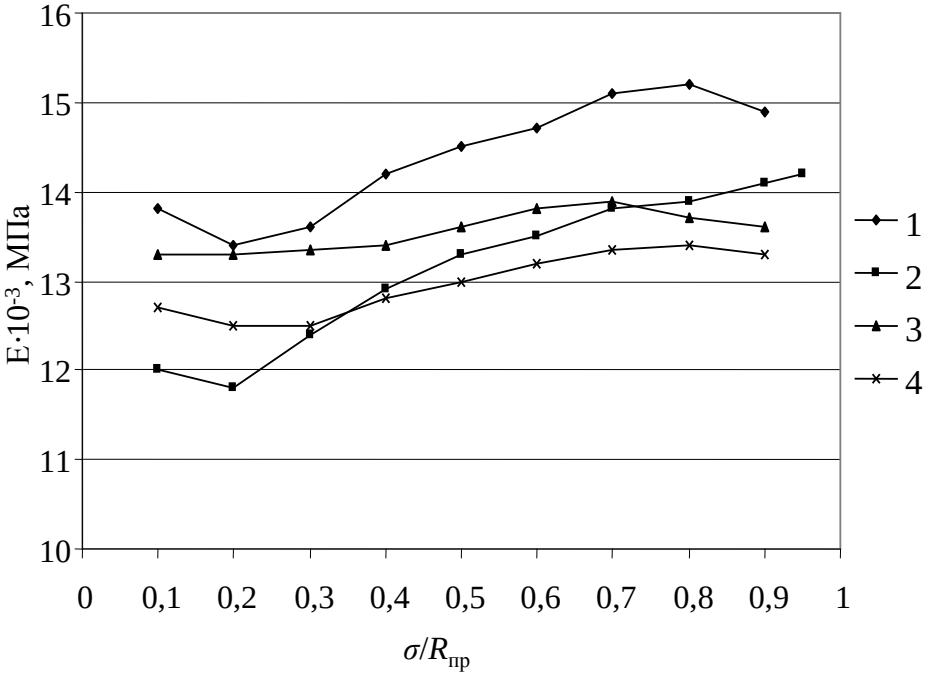


Рисунок 1. Характер изменения модуля деформации конструкционного керамзитобетона серии Н (контрольные образцы) с ростом уровня напряжения: 1 – $R_{пр}$=31 МПа; 2 – $R_{пр}$=27 МПа; 3 – $R_{пр}$=28,5 МПа; 4 – $R_{пр}$=33 МПа

Эти опытные данные позволяют говорить о том, что диаграмма сжатия конструкционного керамзитобетона может иметь различный характер. Подтверждением этому положению могут служить и экспериментальные результаты А.А. Кудрявцева [3].

Общепризнано, что керамзитобетон является упруго-пластическим материалом. Однако, как это видно из приведенных экспериментальных данных, проявление упругих и пластических деформаций, наблюдаемых на диаграмме $\sigma = f(\varepsilon)$, может иметь различную последовательность и интенсивность. Мы полагаем, что это обусловлено деформативными особенностями керамзитового гравия, имеющего разное строение.

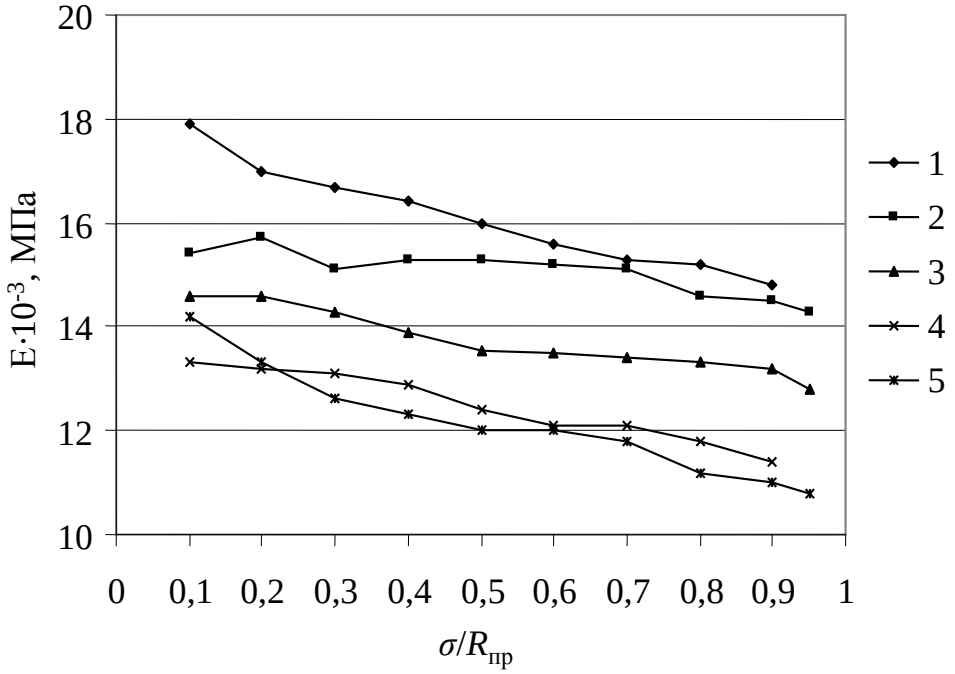


Рисунок 2. Характер изменения модуля деформации конструктивного керамзитобетона серии П (контрольные образцы) с ростом уровня напряжения: 1 – $R_{пр}$=26 МПа; 2 – $R_{пр}$=20 МПа; 3 – $R_{пр}$=22 МПа; 4 – $R_{пр}$=21 МПа; 5 – $R_{пр}$=18 МПа

На рисунке 3 представлены графические зависимости изменения модуля деформации на кривой нагружения при кратковременном приложении нагрузки для образцов керамзитобетона на основе никольского керамзита после их испытания на ползучесть в течение 600 суток.

Факт пластических деформаций гранул керамзита при длительно действующей сжимающей нагрузке установлен в работе [4]. Опыты того времени показали, что удельные деформации ползучести гранул керамзита при уровне напряжения осевого сжатия от 0,37 до 0,54$R_{сж}$ составляют 6,7–8,6·10^{-5} $МПа^{-1}$.

При разгрузке наблюдалась хорошая упругость гранул, выражающаяся как в мгновенно-упругих деформациях, так и в деформациях последействия. Поэтому следует признать ползучесть самих гранул одним из факторов, предопределяющих ползучесть керамзитобетона.

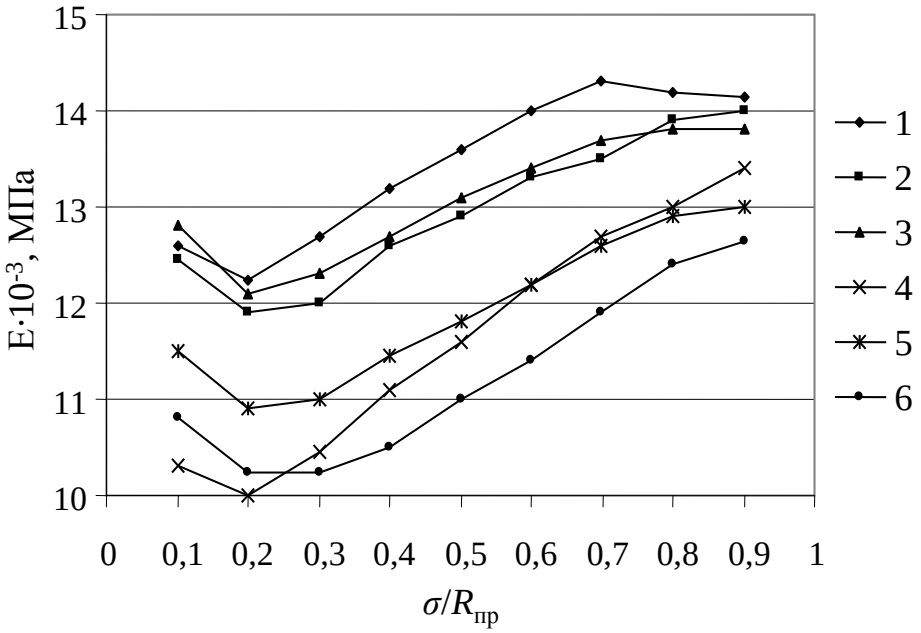


Рисунок 3. Характер изменения модуля деформации конструкционного керамзитобетона серии Н (рабочие образцы) с ростом уровня напряжения:
1 – $R_{пр}$*=37 МПа; 2 –* $R_{пр}$*=28 МПа; 3 –* $R_{пр}$*=32,9 МПа;*
4 – $R_{пр}$*=31,6 МПа; 5 –* $R_{пр}$*=33 МПа; 6 –* $R_{пр}$*=29,5 МПа*

В таблице 1 приведены величины удельных деформаций ползучести за 600 суток неизолированных от высыхания образцов бетона из никольского керамзита в зависимости от относительного уровня обжатия.

Таблица 1

Экспериментальная оценка деформаций ползучести керамзитобетона

Шифр образца	Призменная прочность, МПа	Уровень обжатия $\sigma/R_{пр}$	$C \cdot 10^5$, $МПа^{-1}$	Характеристика деформативности на уровне обжатия, $E/R_{пр}$
11	37,0	0,32	7,1	341
12	32,9	0,38	7,3	375
13	33,0	0,55	9,3	376
10	31,6	0,58	9,2	386
14	29,5	0,62	8,7	400
9	28,0	0,64	6,6	476

Из данных таблицы 1 следует, что степень обжатия образцов не оказывала определяющего значения на величину удельной деформации ползучести. В связи с этим нами используется дополнительная характеристика деформативности, представляющая собой отношение модуля деформации (при данном уровне обжатия) к призменной прочности. С повышением интенсивности обжатия с 0,32 до $0{,}55R_{пр}$ характеристика деформативности бетона изменяется незначительно, а именно в пределах 341–376, в связи с чем удельные деформации ползучести возрастают в зависимости от степени обжатия. Дальнейшее повышение обжатия

керамзитобетона до $0{,}64R_{пр}$ сопровождалось существенным ростом его характеристики деформативности до величины 476. Увеличение упругости керамзитобетона с ростом интенсивности обжатия закономерно приводит к уменьшению значения удельных деформаций ползучести, как это видно из данных таблицы.

Таким образом, изучение деформаций ползучести конструктивного бетона на основе никольского керамзита подтвердило зависимость удельных деформаций ползучести от характера и интенсивности изменения модуля деформации керамзитобетона по мере его нагружения.

При сравнении данных рисунков 1 и 3 видно, что последовательность изменения модуля деформаций контрольных и рабочих призм идентична. Что касается интенсивности изменения, то более интенсивный рост модуля деформации с увеличением степени обжатия наблюдался у рабочих образцов. Этим подтверждается влияние деформативных свойств керамзитового гравия на деформативность бетона рабочих образцов. При разгрузке рабочих образцов нами отмечено, что упруго-мгновенные деформации, наблюдаемые при снятии длительно действующей нагрузки, существенно превышают упруго-мгновенные деформации загружения образца. Эта особенность обратимости деформаций керамзитобетона по сравнению с бетонами на плотных заполнителях, характеризующихся лишь частичной обратимостью упруго-мгновенных деформаций загружения, рассмотрена нами в работе [5] и объясняется в основном деформативными особенностями и весьма хорошей упругостью зерен керамзита.

На основе проведенного исследования можно сформулировать следующие выводы:

1. Особенностью диаграммы сжатия гранул керамзита является характерная выпуклость к оси деформаций, наблюдаемая до уровня напряжений $0{,}6–0{,}7R_{пр}$, что обусловлено строением гранул и, прежде всего, толщиной обжиговой корочки.

2. Вид диаграммы сжатия керамзитобетона предопределяется характером сжатия используемого керамзитового гравия.

3. Исходя из полученного очертания диаграммы сжатия, можно судить о возможных удельных деформациях ползучести керамзитобетона в зависимости от интенсивности его обжатия.

4. Учитывая изменяемость очертания диаграммы сжатия конструктивного керамзитобетона, следует более дифференцированно подходить к оценке его деформативных свойств в зависимости от строения керамзитового гравия.

5. Если модуль деформации керамзитобетона растет с повышением уровня напряжений, бетон разрушается очень хрупко. Если же модуль деформации керамзитобетона уменьшается с ростом уровня напряжений или остается постоянным, то разрушение бетона происходит более пластично.

6. Для керамзитобетона, характеризующегося ростом величины модуля деформации с повышением интенсивности обжатия, целесообразно как технически, так и экономически расчетный модуль упругости определять при уровне обжатия 0,5–0,6$R_{пр}$.

Литература:

1. *Пирадов А.Б. Конструктивные свойства легкого бетона и железобетона // М.: Стройиздат, 1973. – 136 с.*
2. *Бабков В.В., Пивень Л.С., Чернышев В.П., Полак А.Ф. Исследование взаимодействия крупного пористого заполнителя и раствора в бетонах на легких заполнителях, подвергнутых сжатию. В сб.: Структура, прочность и деформация легкого бетона // М.: Стройиздат, 1973. – С. 102-120.*
3. *Кудрявцев А.А. Модуль упругости и модуль деформаций конструктивного керамзитобетона. В сб: Структура, прочность и деформация легкого бетона // М.: Стройиздат, 1973. – С.182-195.*
4. *Иванов И.А. Пластические деформации гранул керамзита под нагрузкой // Строительные материалы, 1973, № 4. – С. 18-19.*
5. *Макридин Н.И., Максимова И.Н. Механическое поведение конструкционного керамзитобетона при осевом сжатии // Строительные материалы, 2009, № 1. – С. 51-54.*

УДК 544.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗАТОРОВ ЗАПАХА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

***О.А. Морункова**, студентка*

Пензенский государственный технологический университет, Пенза

Во многих отраслях народного хозяйства, как в России, так и во всем мире, наиболее часто начинают использоваться современные технологии, позволяющие исключить труд человека и заменить его различными автоматизированными системами управления технологическими процессами и контроля за их состояниями, мониторинга показателей качества выпускаемой продукции. Одной из сфер народного хозяйства, в которой наиболее востребованы современные технологии, является пищевая промышленность, в задачи которой входит обеспечение населения качественными продуктами питания.

Одним из наиболее сложных технологических процессов в пищевой промышленности является контроль качества на основе анализаторов, способных определить качество продукта по запаху.

В настоящее время активно развиваются способы и средства для различных видов анализов, среди которых немаловажную роль играю искусственные анализаторы запахов, в частности мультисенсорные системы типа «электронный нос». Это набор химических датчиков, связанных с подсистемой распознавания образов, которая реагирует на

запахи, проходящие над ним. Разные запахи вызывают разные отклики в сенсорах, и эти отклики определяют сигнал, характерный для определенного аромата. Компьютер оценивает образец сигнала и может сравнивать ароматы разных образцов. Например, если производитель использует кофе со всего мира, мультисенсорная система может анализировать их ароматы, которые могут быть занесены на карту многомерного отклика.

Запах переносится по средствам молекул, каждая из которых имеет определенный размер и форму. Анализатор запахов состоит из рецептов соответствующего размера и формы. Конкретный рецептор получает молекулу и посылает сигнал, который, в свою очередь, идентифицирует запах, связанный с конкретной молекулой. Анализаторы, основанные на биологической модели, работают аналогичным образом, хотя заменяют рецепторы на датчики и передают сигнал для обработки в программу.

Датчики изготавливаются из оксидов металлов или органических полимеров. В последнее время используются поверхностные акустические волны и пьезоэлектрические кристаллы. Проблемы могут возникнуть при анализе проб с высоким содержанием воды, так как многие датчики сильно реагируют на воду, ухудшая селективность.

Для обнаружения запаха в паровой фазе необходимо, чтобы молекулы, образующиеся из летучего источника, вступали в физический контакт либо с рецепторами биологической обонятельной системы, либо с детекторами «электронного носа». При биологическом или искусственном обонянии не определяется расстояние - источник, создающий пар, может быть отдаленным, но при этом молекулы все равно должны достигать датчиков. Из сложного источника, такого как кофе, молекулы одоранта выбрасываются в воздух в различных концентрациях в зависимости от их порциальных давлений пары могут поступать на сенсорные детекторы либо путем перемещения несущего воздуха (ветра) к детектору, либо путем движения детектора.

Проблемы восприятия запахов заключаются в их неоднородности, хаотичности, турбулентности и изменчивости во времени.

Другой важной проблемой для инженерных систем, чувствительных к запаху, этот процесс доступа является способом очистки смеси, имеющей решающее значение для эффективного функционирования систем.

Чувствительные поверхности в биологических системах обычно представляют собой физически сложные рецепторы, состоящие из ресничек или микроворсинок, тогда как чувствительные поверхности в инженерных устройствах плоские и однородные.

Принцип работы заключается в осуществлении отбора пробы из среды контроля с помощью универсальных или специфических устройств с ее последующим использованием для газового анализа. Проведение газового анализа, как правило, осуществляется при стабилизированном

расходе потока исследуемого газа, а полученные информативные сигналы с матрицы газовых сенсоров подвергаются дальнейшей обработке с помощью специализированного программного обеспечения для выделения полезных составляющих и определения их количественных характеристик.

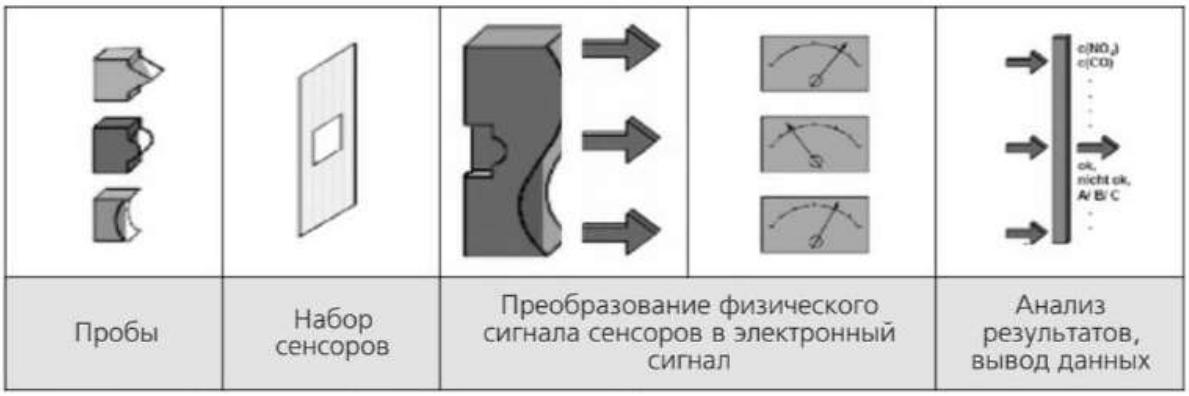


Рисунок 1. Общая функциональная схема «электронного носа»

Наиболее важной является проблема декомпозиции смеси запахов, так как запах, создаваемый летучим веществом m с концентрацией молекул k_m, создает отклик массива сенсоров N, представляемых неотрицательным вектором. Эта проблема может быть представлена математическим образом:

$$x^m \in R_+^N;\ N \in Z_+;\ m \in Z_+,\ Z_+ = \{0,1,2,\ldots\} \quad (1)$$

Значения компонентов вектора зависят как от вида летучего вещества, так и от концентрации, поэтому используют мультипликативное представление такой зависимости через коэффициент концентрации $f_m(k_m) = p_m$ и нормированный вектор e^m отклика на концентрацию.

Таким образом, результат измерения массива сенсоров для некоторой концентрации летучего вещества m может быть записан как $x^m = \rho_{m e^m}$

Рассмотрим случай, когда на измерительный массив сенсоров поступает смесь различных летучих веществ $\{m_a, \ldots, m_c\} = M_c$. В этом случае производится измерение в полиодорном поле. Предположим, что в полиодорных пространствах вектор отклика массива сенсоров представляет собой сумму векторов отклика для каждого из составляющих запахов (гипотеза аддитивности):

$$x^{m_a,\ldots,m_c} = \sum_{m \epsilon M_c} \rho_{m e^m} \quad (1)$$

Гипотеза аддитивности позволяет поставить задачу анализа измеряемой смеси как определения состава летучих соединений как набор $\{m_a, \ldots, m_c\} = M_c$ или, что то же самое в наборе векторов $\{e^{m_1}, \ldots, e^{m_c}\}$, и коэффициентов концентраций составляющих веществ $\{\rho_m\}, m \epsilon M_C$.

Сенсорные структуры на основе пленок диоксида олова обладают высокой газочувствительностью и совокупностью параметров (быстродействие, стабильность характеристик, долговечность и др.), обеспечивающей возможность их практического применения в составе

газоанализирующих приборов и системах распознавания сложных газовых смесей типа «электронный нос».

В различных областях науки и техники при оптимизации технологических процессов путем анализа химического состава многокомпонентных газовых смесей и запахов с помощью физико-химических методов, существует проблема формирования функции из большого объема информации.

Например, при дезодорации растительного масла на предприятиях пищевой промышленности в ходе технологического процесса необходимо контролировать удаление альдегидов и кетонов, при очистке катализаторов на нефтеперерабатывающих заводах требуется одновременный контроль содержания целого ряда соединений азота, серы, углеводородных соединений и т.д.

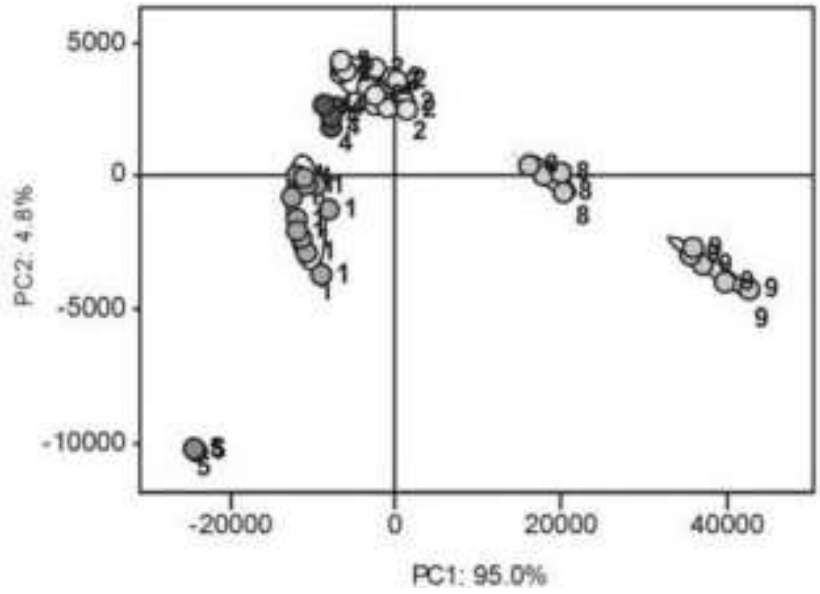


Рисунок 2. Пространственное расположение точек мультисенсорного анализа мясного сырья различной видовой принадлежности: 1 – свинина; 2 – говядина; 4 – баранина; 5 – телятина; 8 – мясо кролика; 9 – оленина

Применение сенсорных систем позволяет обойти массу проблем, связанных с использованием в оценке качества пищевых продуктов специально обученных дегустаторов. При проведении экспериментальных работ объектами исследования были мясное сырье (свинина охлажденная и размороженная); охлажденное мясное сырье различных видов убойных животных и птицы. Сенсорную оценку проводили на приборе, включающем 12 сенсоров. Мясо различных видов животных характеризуется специфическим запахом, выраженным с различной степенью интенсивности, но в большинстве случаев идентифицировать видовую принадлежность мясного сырья органолептическим методом сложно. В отличие от существующих на сегодняшний день методов определения вида мяса (метод полимеразной цепной реакции, иммуноферментного анализа и др.), использование мультисенсорных систем не требует значительных

затрат материалов, а также длительной и трудоемкой подготовки проб. Проведение сравнительного анализа показаний сенсоров прибора, полученных при исследовании летучих компонентов мяса убойных животных (говядины, свинины, баранины, телятины, оленины, кролика), птицы (мяса кур, страуса, утки и индейки), позволили получить графики, представленные на рис. 2-3, из которых видно, что области точек, характеризующие каждый вид мяса, располагаются на близком расстоянии друг от друга, что позволяет выявить области, свойственные каждому из видов мясного сырья.

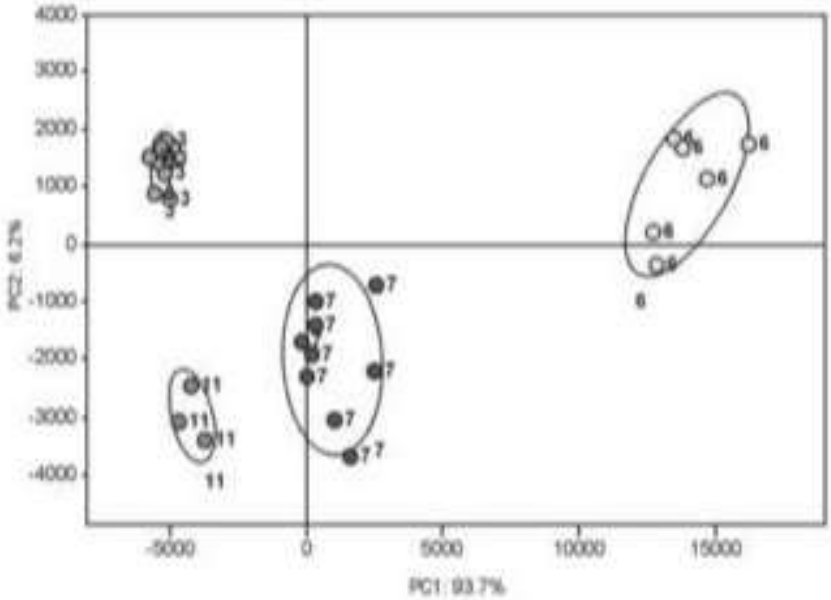


Рисунок 3. Пространственное расположение точек мультисенсорного анализа мясного сырья различной видовой принадлежности: 3 – мясо кур; 6 – мясо страуса; 7 – мясо индейки; 11 – мясо утки

Полученные результаты свидетельствуют о том, что потенциал для дальнейшего развития и новых применений искусственных анализаторов для пищевой промышленности огромен, новые технологические открытия в конструкции электронного датчика позволят ускорить развитие новых возможностей газового зондирования. Текущая тенденция развития данных устройств для конкретных узких применений, вероятно, продолжится, потому что такие инструменты дешевле и обеспечивают большую полезность, производительность и эффективность в операциях газового зондирования в специализированных промышленных применениях. Для успешного решения многих из перечисленных задач технологии, применяемые при изготовлении мультисенсерной системы должны быть более совершенны.

Литература:

1. *https://cyberleninka.ru/article/n/apparatno-programmnyy-kompleks-mnogoparametricheskogo-raspoznavaniya-mnogokomponentnyh-gazovyh-smesey-na-osnove-multisensornyh(дата обращения 24.03.2019 г.)*

2. *https://cyberleninka.ru/article/v/sensornye-analiticheskie-sistemy-elektronnyy-nos-dlya-sovershenstvovaniya-kontrolya-kachestva-myasnogo-syrya (дата обращения 24.03.2019 г.)*
3. *https://xn--80aaafltebbc3auk2aepkhr3ewjpa.xn--p1ai/elektronnyj-nos-elektronnaya-sistema-raspoznavaniya-zapahov(дата обращения 25.03.2019 г.)*

УДК 691.3

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КАМЕННОЙ ПОРОДЫ В КАЧЕСТВЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

***Р.Н. Москвин**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»*
***В.С. Юрова**, аспирант кафедры «Технологии строительных материалов и деревообработки»*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В современных бетонах нового поколения цементно-минеральной водной суспензии с гиперпластификатором отводится важнейшая роль – она является реологически активной матрицей, в которой распределены остальные компоненты бетона, обеспечивающей высокую подвижность всей бетонной смеси. Поэтому при выборе каменой породы необходимо чтобы ее свойства удовлетворяли определенным требованиям. Также горные породы могут использоваться в качестве тонкого песка с размером зерна 0-0,6 мм, песка заполнителя с размером зерен 0,5-2,5 мм и щебня фракции не более 10-20 мм.

Нами были сформулированы основные требования к горным породам применяемым в бетонах нового поколения:

1) должны быть плотными, для того чтобы не допускать миграции воды и растворенного гиперпластификатора в поры частиц;

и требования к породам используемым для получения реологически-активных минеральных добавок:

2) должны быть дисперсными и измельчены до микромасштабного уровня от 0 до 120 мкм для образования текучей дисперсной системы. Это требование больше относится к породам осадочного происхождения, которые могут иметь не только микро-, но и нанопористость. Пористость доломитов, известняков, доломитизированных известняков и др. бывает различной в зависимости от месторождения, что обязывает проведение первостепенных исследований на пористость.

Как известно, породы вулканического происхождения в своем большинстве являются плотными (литой или кристаллической структуры).

Те вулканические породы, которые являются пористыми: пеплы, туфы, пемзы, имеют замкнутую пористость с алюмосиликатными перегородками пор и при измельчении тонкие частицы не поглощают воду.

Тонкомолотые граниты, базальты, диабазы и т.п., являющиеся породами изверженного происхождения, обладают только поверхностным водопоглощением за счет микротрещин и поверхностного смачивания. Поэтому они не требуют контроля пористости, т.к. при измельчении внутренние полости разрушаются.

По водопоглощению породы, пригодные для использования в тонкомолотом виде в качестве дисперсных наполнителей, можно классифицировать на 3 категории: 1 категория – 0-2%; 2 категория – 2-4%; 3 категория – 4-6% и более по массе.

3) должны обладать реологической активностью, сопоставимой с активностью цемента или близкой к ней. Увеличение водопотребности смеси цемента с тонкодисперсным наполнителем по сравнению с чистым цементом допускается до 10-15%. Непригодным будет являться дисперсный наполнитель, при использовании которого водопотребление будет увеличиваться по сравнению с цементом и достигать 25-28% и более;

4) частицы тонкодисперсного наполнителя должны быть положительно заряжены, т.к. все супер- и гиперпластификаторы являются анионактивными и отрицательно заряженными функциональными группами, что способствует адсорбции полиионов гиперпластификатора на поверхности частиц, тем самым увеличивая подвижность смеси. На отрицательно заряженных частицах ионы ГП не осаждаются и их реологическое действие незначительно. К таким породам относятся кислые породы – кварцевый песок, диатомит, опока. Однако, если поверхность отрицательно заряженных частиц некоторых пород перезаряжается в растворе извести или цемента, то обеспечивается необходимая реология дисперсий. Показателем перезарядки поверхности частиц является растекаемость цементно-минеральной суспензии, в которой содержание цемента во много раз меньше, чем каменной муки. Это требование является наиболее сложным для изучения, поэтому в данной статье остановимся исследовании соответствия подобранных горных пород первым трем требованиям.

Наиболее подходящими для получения каменной муки являются отходы, получаемые при разработке плотных горных пород, таких как гранит, диабаз, базальт, плотный известняк-кальцит, доломит и др.

К сожалению, в Пензенской области отсутствуют месторождения данных каменных пород. Поэтому поиск альтернативы этим породам, для получения каменной муки и производства бетонов нового поколения на территории Пензенской области является весьма актуальным и необходимым.

В Пензенской области наиболее распространенными породами являются известняки, песчаники, опоки, диатомиты.

Известно, что одним из важнейших признаков пригодности горных пород для использования в качестве дисперсного наполнителя в порошковых и порошково-активированных бетонах нового поколения является показатель пористости. Который определяется по водопоглощению горной породы, из которой они изготовлены. Водопоглощение горных пород зависит от их пористости и характера пор: количества открытых и сообщающихся пор, оцениваемых эффективной пористостью, а также размерами пор.

Нами были проведены исследования различных по происхождению горных пород. Как и ожидалось, наименьшим водопоглощением обладают породы магматического происхождения такие как базальт, гранит, диабаз (рис. 1). Эти горные породы без сомнения можно использовать при производстве бетонов нового поколения.

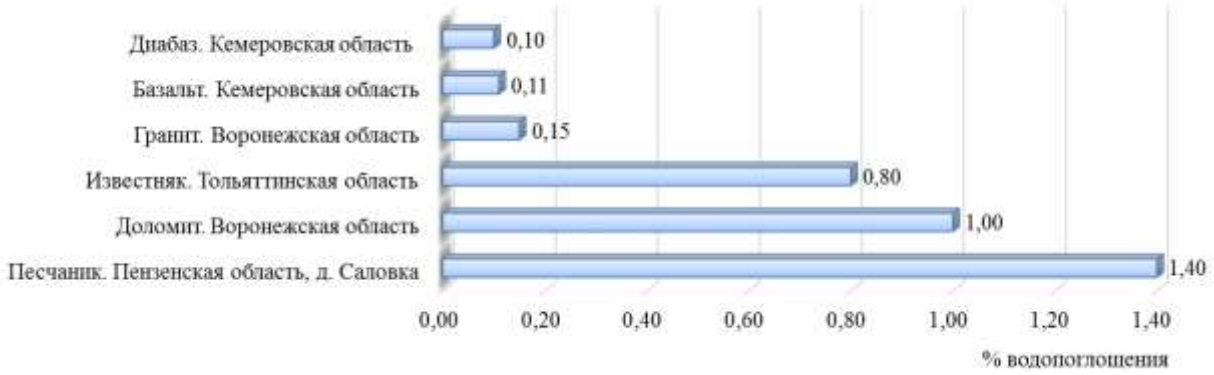


Рисунок 1. Водопоглощение плотных горных пород

Также в качестве каменной муки можно использовать такие карбонатные породы как известняк месторождения Медвежья Гора, Тольяттинская область, доломит Воронежской области. Песчаник Пензенской области (д. Саловка) также пригоден для применения его в качестве дисперсного наполнителя в производстве высокопрочных бетонов.

Наибольшим водопоглощением, как показали исследования, обладают породы Пензенской области, приведенные на рисунке 2. Опока и диатомит не могут использоваться при производстве бетонов, т.к. их повышенное водопоглощение будет способствовать увеличению водо-твердого соотношения бетонной смеси, что негативным образом скажется на пористости затвердевшего бетона и его прочности. Песчаник и известняк – условно пригодные к использованию горные породы.

Для подтверждения возможности использования в бетонах нового поколения песчаников и известняков Пензенской области было проведено тестирование реологической активности каменной муки, полученной из данных пород.

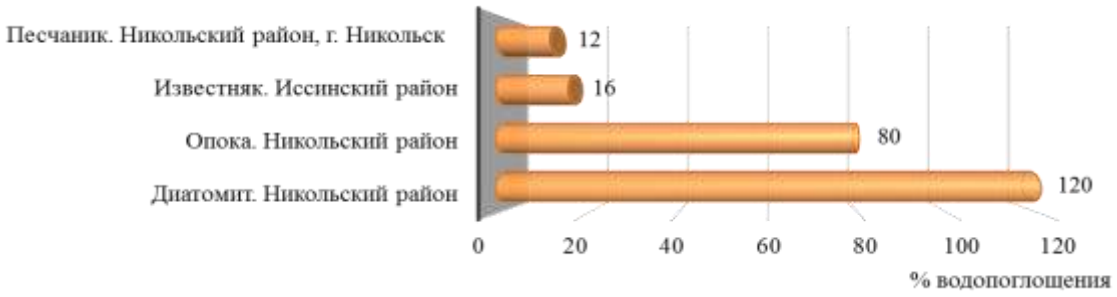


Рисунок 2. Водопоглощение пород месторождений Пензенской области

В табл. 1 приведены результаты эксперимента с тестированием суспензии Красноярского цемента и суспензии цемента с известняковой мукой с Sуд=3200 см^2/г.

Как следует из таблицы суспензия из двух порошков – цемента и известняковой муки с ГП Melflux 5581 требует меньшего количества воды для получения одинакового расплыва. Водоредуцирующий (водопонижающий) эффект гиперпластификатора в этой суспензии на 13% выше при соотношении «цемент: известняковая мука» равное 1:1, чем на цементной суспензии.

Таблица 1

Тестирование суспензии Красноярского цемента и суспензии цемента с известняковой мукой с $S_{уд}$=3200 см^2/г

Состав суспензии, г	Расход компонентов, г	В/Ц, В/Т	Расплыв с ГП, мм	Расплыв без ГП, мм	$В_{эф}$
1. Цемент 2. Вода	1000 450	$(В/Ц)_н$=0,45	-	285	-
1. Цемент 2. Вода 3. Melflux 5581 (1% от Ц)	1000 215 10	$(В/Ц)_п$=0,215	300	-	2,10
1. Цемент 2. Известняковая мука с $S_{уд}$=3200см^2/г 3. Вода	500 500 450	$(В/Т)_н$=0,45	-	290	-
1. Цемент 2. Известняковая мука с $S_{уд}$=3200 см^2/г 3. Melflux 5581 (1% от Ц) 4. Вода	500 500 5 190	$(В/Т)_п$=0,19	310	-	2,37
1. Цемент 2. Известняковая мука с $S_{уд}$=3200см^2/г 3. Вода	667 333 450	$(В/Т)_н$=0,45	-	285	-
1. Цемент 2. Известняковая мука с $S_{уд}$=3200 см^2/г 3. Melflux 5581 (1% от Ц) 4. Вода	667 333 5 200	$(В/Т)_п$=0,20	310	-	2,25

Соотношение «цемент: известняковая мука» равное 1:1 будет использоваться для изготовления бетонов, не превышающих марку М300. Чаще всего, наиболее употребительными в бетонах будут соотношения 1:0,5. При таких соотношениях реотехнологический показатель расплыва суспензий, практически не изменится. Водоредуцирующий (водопонижающий) эффект гиперпластификатора в этой суспензии также выше чем на цементной суспензии.

В табл. 2 приведены результаты аналогичного тестирования для проверки реологической активности песчаника.

Таблица 2

Тестирование суспензии Красноярского цемента и суспензии цемента с каменной муки из песчаника с $S_{уд}$=3800 см^2/г

Состав суспензии, г	Расход компонентов, г	В/Ц, В/Т	Расплыв с ГП, мм	Расплыв без ГП, мм	$В_{эф}$
1. Цемент 2. Вода	1000 450	$(В/Ц)_н$=0,45	-	285	-
1. Цемент 2. Вода 3. Melflux 5581 (1% от Ц)	1000 215 10	$(В/Ц)_п$=0,215	300	-	2,09
1. Цемент 2. КМ из песчаника с $S_{уд}$=3800см^2/г 3. Вода	500 500 450	$(В/Т)_н$=0,45	-	285	-
1. Цемент 2. КМ из песчаника с $S_{уд}$=3800 см^2/г 3. Melflux 5581 (1% от Ц) 4. Вода	500 500 5 220	$(В/Т)_п$=0,22	305	-	2,05
1. Цемент 2. КМ из песчаника с $S_{уд}$=3800см^2/г 3. Вода	667 333 450	$(В/Т)_н$=0,45	-	285	-
1. Цемент 2. КМ из песчаника с $S_{уд}$=3800 см^2/г 3. Melflux 5581 (1% от Ц) 4. Вода	667 333 5 215	$(В/Т)_п$=0,215	310	-	2,09

Как видно, использование песчаника также не снижает реологической эффективности гиперпластификатора Melflux 5581F.

Кроме того, было установлено, что молотые горные породы различного химико-минералогического состава и генетического происхождения являются высокоэффективными дисперсными добавками, которые, введенные в значительных количествах от 40 до 100% от массы цемента, позволяют получать бетоны с прочностью при сжатии от 54 до 110 МПа в зависимости от содержания цемента и вида порошковых и порошково-активированных песчаных и щебеночных бетонов.

Таким образом, на основании проведенного тестирования пород по водопоглощению можно сделать заключение, что плотные горные породы (гранит, диабаз, базальт) рекомендуется использовать в качестве дисперсного наполнителя при производстве порошковых и порошково-активированных высокопрочных бетонов без ограничений и дополнительных исследований.

Каменные породы Пензенской области (известняк Иссинского месторождения и песчаники Никольского и Саловского месторождений) также могут быть использованы в качестве реалогически-активной тонкодисперсной минеральной добавкой для производства современных бетонов повышенной эффективности. А такие породы как диатомит и опока месторождений Пензенской области не рекомендуется для использования в бетонном производстве в качестве наполнителей, т.к. их высокое водопоглощение будет требовать введения дополнительной воды для обеспечения необходимой текучести бетонной смеси, что, в свою очередь, повлечет за собой увеличение пористости и снижение прочности бетонного камня.

Литература:

1. *Москвин Р.Н., Белякова Е.А., Юрова В.С. Реологически-активные дисперсные наполнители современных цементных бетонов // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2018 – №4. – с. 182-187. URL: https://www.dropbox.com/s/nwdznibt9aja6lz/ЖУРНАЛ%204%20_2018_%20ИЮЛЬ.pdf ?dl=0.*
2. *Москвин Р.Н., Белякова Е.А., Юрова В.С. Самоуплотняющиеся бетоны: оптимизация свойств, технология производства // Региональная архитектура и строительство. 2018. № 1(34). С. 48-54.*

УДК 699.86

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ СТЕНОВЫХ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВЬЕТНАМА

***Нгуен Тиен Нам**, аспирант кафедры организации строительства и управления недвижимостью*

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва

Выполненные авторские исследования указывают на высокую актуальность проблематики повышения теплоизоляционных свойств наружных ограждающих конструкций для климатических условий Вьетнама.

Вьетнам расположен в юго-восточной Азии на Индокитайском

полуострове и относится к влажной тропической зоне, природно-климатически разделена на две части: Северную и Южную. Во Вьетнаме летом солнце достигает зенита, а зимой, в день зимнего солнцестояния, в 12 ч. дня солнце находится в Ханое на высоте 45°3', в Хошимине 55°5' [1-5], т.е., высота солнца – более 45°.

В городах средняя температура обычно на 2-3 градуса выше, чем в сельской местности [4, 6], т.к. сооружения и дорожные покрытия накапливают в себе значительную тепловую энергию, а дымовой купол задерживает обратную радиацию, отраженную от земной поверхности. Например, средняя суточная температура асфальтового уличного покрытия Ханоя составляет 54°С, а бетонной и наружной поверхности стены более 45°С, в то время как температура почвы под газоном лишь 39°С [4, 6].

По традиционным методам производства наружной ограждающей стены применяют обычные обожженные кирпичи и два слоя штукатурки с цементно-песчаным раствором. Таким образом, эффективность теплоизоляции наружной стены очень низкая. Поэтому необходимо найти решение повышения эффективности теплоизоляции наружной стены данных. Вопрос о способе теплоизоляция наружной стены зданий является одним из наиболее актуальных. На этапе эксплуатации зданий зачастую требуется не только восстановить или повысить теплотехнические свойства конструкций, но и сохранить их внешний вид, минимизировать затраты на производство работ, сократить время проведения работ. Применение окрасочной теплоизоляции позволяет наблюдать за состоянием самих несущих и ограждающих конструкций.

Утепляющая краска "Теплос-топ" подходит для утепления стен зданий как с наружной стороны, так и с внутренней. Теплоизоляция анти-вандальной фасадной краской обладает нижеперечисленными достоинст-вами: устойчивостью покрытия к ультрафиолетовым лучам и атмосферным осадкам; долговечностью и низкой теплопроводностью; простотой ремонта любого поврежденного участка окрасочного теплоизолирующего покрытия; высоким уровнем безопасности при пожаре жилого [18].

Используют теплоизоляционные краски для наружных стен ограждающих конструкций.

Дифференциальное уравнение теплопроводности не содержит внутренних источников теплоты (q_v=0) [13].

$$\frac{\partial_t}{\partial_\tau} = \frac{\lambda}{c.\rho}\left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2}\right) \quad (1)$$

где t(x,y,z,t) – температура в координатах (x,y,z) в момент времени t (с);

λ – коэффициенты теплопроводности (Вт/(м.°С));

с – удельная теплоемкость (кВт/кг.°С);

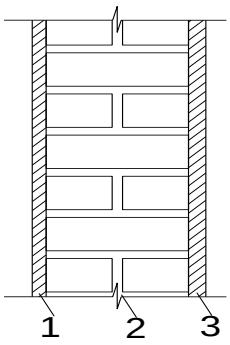
ρ – плотность (кг/м^3).

Работы показали, что для управления теплопроводностью существуют три основных метода:

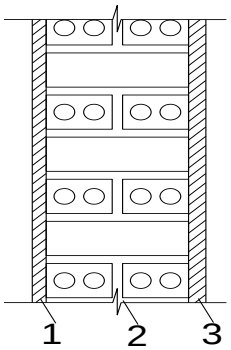
– классические методы: метод разделения переменных; метод источников;
– методы интегрального преобразования: метод преобразования Лапласа; метод конечных интегральных преобразований;
– численные методы: метод конечных разностей по явной разностной схеме; метод конечных разностей по неявной схеме; метод элементарных балансов Ваничева; метод контрольного объема (конечных элементов).

Метод конечных элементов – это метод широко используется для решения задач механики деформируемого твёрдого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики. В настоящее время существует множество программ для решения проблемы теплопередачи (Ansys, Abaqus). ANSYS WORKBENCH, которые позволяют построить модели, ввести данные материалов и ввести граничные условия. Так что получаются результаты, приближенные к результатам эмпирических методов.

Во Вьетнаме массовое строительство зданий приходится до 2010 года. Наружные стены зданий составлены из обожженного кирпича на цементно-песчаном растворе и отделкой цементно-песчаной штукатуркой ипредставлены на рис. 1. Обожженный глиняный кирпич и обожженный глиняный пустотелый кирпич были изготовлены из песка (50-60%), глины (20-30%), оксида железа (5-7%) по массе и других компонентов. Затем обжигают при температуре 1000-1050^{0}C. Размер кирпича 220×105×60 мм, прочность на сжатие R_n=(5÷15) МПа [8, 9].



Используется обожженная глиняная кирпичная стена (А)



Используется обожженная глиняная пустотелая кирпичная стена (Б)

Рисунок 1. Создания кирпичной наружной стены [16] (обозначения на рисунке по табл. 1)

Используя компьютерную программу Ansys Workbench 15.0 [14], автор анализирует теплопередачу в наружной стене огражающих конструкций (рис. 2) и сравнивает с исходными параметрами, показанными в таблице 1. По граничным условиям: температура наружной поверхности стен 45^{o}C [4, 6]; коэффициенты тепловосприятия внутренней поверхности ограждения α_B=7,692 Вт/(м^2.°C); коэффициенты тепловосприятия наружной

поверхности ограждения $\alpha_н$=25 Вт/(м^2.°С) [9]; расчетная температура внутреннего воздуха $t_в$=22°С [6, 7].

Таблица 1

Теплотехнические показатели материалов [11, 12]

№ слоя	1		2		3	
Наименование материалов	Штукатурка цементно-песчаным раствором		Кирпич глиняный обыкновенный на цементно-песчаном растворе		Штукатурка цементно-песчаным раствором	
Условия эксплуатации ограждений	А	Б	А	Б	А	Б
Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·°С)	0,93	0,93	0,76	0,58	0,93	0,93
Плотность ρ (кг/м^3)	1800	1800	1700	1350	1800	1800
Толщина слоя δ, мм	20	20	220	220	15	15
Высота стены H (mm)	3300					
Длина стены L (mm)	4600					

Полученные результаты распределения температуры в точках обследования t_2, t_3 и t_4 показаны в таблице 2.

Таблица 2

Результат температуры в точках обследования t_2, t_3 и t_4

Толщина стены мм	обожженная глиняная кирпичная стена (А)			обожженная глиняная пустотелая кирпичная стена (Б)		
	t_2 (°С)	t_3(°С)	t_4(°С)	t_2(°С)	t_3(°С)	t_4(°С)
255	43.845	29.631	28.789	44.141	27.678	27.051

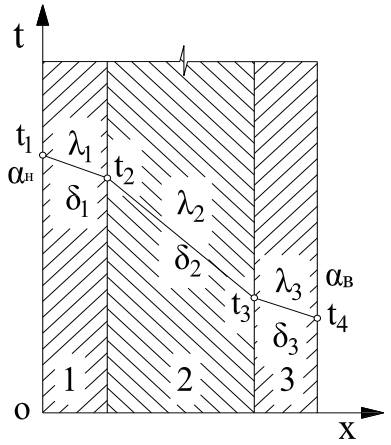


Рисунок 2. Распределение температуры в плоскопараллельной стенке при переносе теплоты теплопроводностью [12, 15]

Из результатов анализа следует:

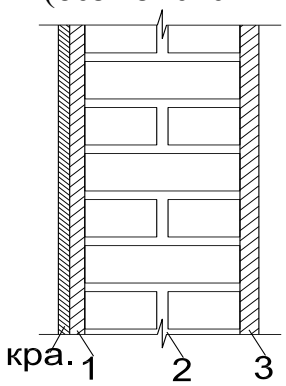
– температура внутренней поверхности стен (t_4) в зависимости от материала кирпичной стены.

– температура внутренней поверхности стен t_4(А) = 28.789°С и t_4(Б) = 27.051°С больше, чем стандарт температуры внутренней поверхности помещения (25°С).

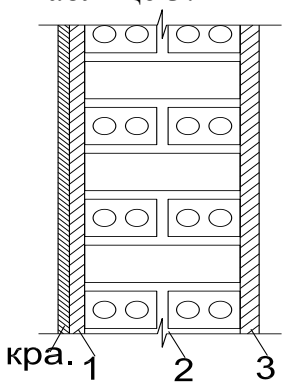
В соответствии с опытом зарубежных стран и России автор применил выполнение повышения теплоизоляции стеновых наружных ограждающих конструкций во Вьетнаме теплоизоляционными красками. В работе для расчета энергосбережения была принята инновационная краска «Теплос-Топ» фирмы ООО «Дуайт-

Тепло». Однако коэффициент теплопроводности этого материала производителями определялся косвенно. Так как во Вьетнаме и России отсутствует стандартная лабораторная методика по нахождению этого коэффициента, он был принят нами в расчетах по данным фирмы-изготовителя.

Принцип действия керамической краски для теплоизоляции заключается в следующем: полые микросферы керамического наполнителя, связываясь между собой за счет вакуума акриловым полимером, создают защитный экран. Полимерная основа позволяет распределить микросферы с такой равномерностью, чтобы присутствие мостиков холода в структуре материала было исключено. Кроме того, теплоизолирующий эффект достигается ветровым барьером, полученным в результате застывания слоя краски на фасаде [10]. Анализ теплопередачи в наружной стене ограждающих конструкций с входными параметрами по граничным условиям (без изменений) показаны на рис. 4 и в таблице 3.



Использует обожженная глиняная кирпичная стена (А)



Использует обожженная глиняная пустотелая кирпичная стена (Б)

Рисунок 3. Применение краски для утепления кирпичной стены (обозначения на рисунке по табл. 3)

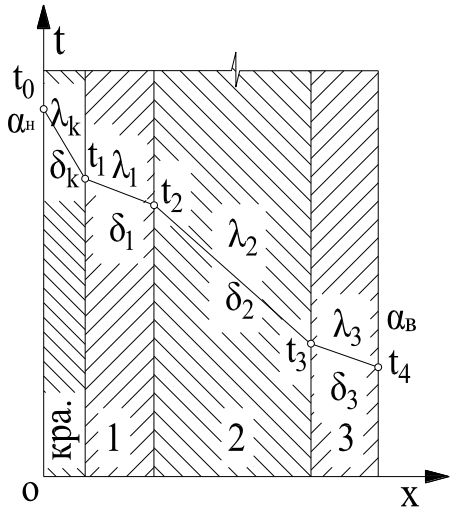


Рисунок 4. Распределение температуры в плоскопараллельной стенке при переносе теплоты теплопроводностью [12, 15]

К основным выводам исследования следует отнести:

Анализ теплообмена в плоской стене многих слоев и определение температуры поверхности стены в помещении являются важной задачей при выборе решения утепления метериалов для зданий в условиях переменного климата в целях энергосбережения и эффективного использования энергии.

Таблица 3

Теплотехнические показатели материалов

№ слоя	Краска		1		2		3	
Наименование материалов	Теплоизоля-ционная фасадная краска «ТеплосТоп»		Штукатурка цементно-песчаным раствором		Кирпич глиняный обыкновенный на цементно-песчаном растворе		Штукатурка цементно-песчаным раствором	
Условия эксплуатации ограждений	А	Б	А	Б	А	Б	А	Б
Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·°С)	0,012	0,012	0,93	0,93	0,76	0,58	0,93	0,93
Плотность ρ (кг/м^3)	-	-	1800	1800	1700	1350	1800	1800
Толщина слоя δ, мм	2 - 10	2 - 10	20	20	220	220	15	15
Высота стены H (mm)	3300							
Длина стены L (mm)	4600							

Полученный анализ доказал эффективность применения теплоизолирующей краски в качестве основного материала для утепления ограждающих конструкций стены, которые снижают энергию при охлаждении или отоплении в климатических условиях Вьетнама и при необходимости сохранить архитектурный облик здания.

Литература:

1. *Фридланд В.М. Природа Северного Вьетнама // М.: Изд-во АН СССР, 1961. - 175с.:ил.*
2. *Nguyen X., Pham N.T., Phan T.D. Dac diem khi hau Vietnam // Hanoi. NXBKH, 1968. - 244 tr.*
3. *Nguyen V.C., Nguyen B.D., Le Q.H., Ngo D.N., Hoang H.T., Nguyen H.T. Kien truc va khi hau nhiet doi Vietnam // Hanoi. NXBXD, 1986, 246 tr.*
4. *Pham N.D., Pham D.N., Luong M. Vat li xay dung // Hanoi. NXBXD.1981. 223 tr.*
5. *Pham N.T., Phan T.D. Khi hau Vietnam // Hanoi. NXBKHKT, 1975. - 327 tr.*
6. *TCVN 4088: 1985 So lieu khi hau dung trong thiet ke Xay dung // Hanoi: NXBXD, 1987, 208 tr.*
7. *TCVN 5687: 1992 Thong gio, dieu tiet khong khi, suoi am – tieu chuan thiet ke // Hanoi – 1992.*
8. *TCVN 1451: 1988 Gach dac dat set nung // Hanoi – 1998.*
9. *TCVN 1450: 2009 Gach rong dat set nung // Hanoi – 2009.*
10. *Краска теплоизоляционная: характеристики и отзывы о производителях http://fb.ru/article/269385/kraska-teploizolyatsionnaya-harakteristiki-i-otzyivyi-o-proizvoditelyah.*
11. *QCVN 09: 2017/BXD Quy chuan ky thuat quoc gia ve cac cong trinh xay dung su dung nang luong hieu qua // Hanoi – 2017.*

12. *TCVN 4605: 1988 Ky thuat nhiet – Ket cau ngan che – Tieu chuan thiet ke // Hanoi - 1988*
13. *Александровский С.В. Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменения температуры и влажности с учетом ползучести // М.: Стройиздат, 2-е издание. 1973. 432 с.*
14. *ANSYS 15.0 Help, Thermal Analysis Guide - Режим доступа: http://www.ansys.com.*
15. *Свод правил СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».*
16. *TCVN 5573: 2011 Ket cau gach da va gach da cot thep – Tieu chuan thiet ke // Hanoi – 2011.*

УДК 628.315.1

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

***Н.Д. Пельменёва**, доцент кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения*
***А.А. Каретникова**, магистрант*

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск

Проблема поставки качественной воды до потребителей наблюдается с каждым годом всё чаще. В настоящее время очистка в крупных городах осуществляется на канализационных очистных станциях, которые построили в 70–80-е годы прошлого столетия. Довольно старая технологическая схема очистки не обеспечивает соблюдение требуемых стандартов качества. Чтобы поставлять качественную воду до потребителей, необходимо анализировать и применять инновационные технологии ведущих мировых и отечественных производителей. К наиболее известным методам очистки относятся механические, химические, биологические, физико–химические. Цель совершенствования процессов очистки сточных вод заключаются в повышении ресурсо- и энергоэффективности отдельных элементов и всего процесса очистки в целом. Все современные инновации и прогрессивные технологии направлены на то, чтобы достичь оптимального качества очищаемых стоков, обеспечив минимальное количество недостатков, присущих процессу.

Многие учёные считают нанофильтрацию современной технологией очистки сточных вод. Однако, нанофильтрационные мембраны появились еще в конце прошлого века и с тех пор занимают достойное место среди множества инструментов очистки стоков. Наиболее они распространены во Франции, Великобритании, Голландии, США. Вода при нанофильтрации очищается на 85%, сохраняя при этом все полезные микроэлементы и минералы, оказывая благоприятное воздействие на организм, уничтожая болезнетворные бактерии.

Но научно-технический прогресс не стоит на месте.

Исследователи из Мельбурнского королевского технологического университета и Университета Нового Южного Уэльса задались целью изменить технологию фильтрации так, чтобы она стала недорогой и довольно простой, и ещё ускоряла процесс очистки. За основу фильтрующего материала применялись наноструктуры, получающиеся при плавлении металлов естественным путём. Учёные изобрели необычные сплав, соединив алюминий и жидкие металлы на основе галлия. Весь процесс проводится при комнатной температуре: плавление галлия происходит при температуре 30 градусах Цельсия. Под действием воды на поверхности такого сплава образуются очень тонкие листы оксида алюминия, представленные на рисунке 1.

Рисунок 1. Капля металла с листами оксида алюминия

После нахождения в специальной шероховатой форме, они становятся пористыми. Такое свойство и способствует фильтрованию воды: она проходит через поры довольно быстро, в то время как оксид алюминия удерживает загрязняющие вещества. Свою эффективность этот нанофильтр продемонстрировал на испытаниях. Он очень качественно очищает воду, а по скорости очистки такое изобретение превосходит существующие в невероятные сто раз, как утверждают ученые. Достоинством такой технологии очистки является небольшая, по сравнению с другими, стоимость.

Ученые из Швеции создали новую технологию, которая одновременно очищает воду и перерабатывает отходы из пластика. Они представили специальный фильтр, поглощающий частицы пластика и уничтожающий их. Для такого процесса необходимы лишь солнечные лучи, так что данная технология малозатратна. Экологи не первый год бьют тревогу о большом количестве пластика в океанах и на суше. Солнечные лучи воздействует на пластик губительно: происходит разложение под солнцем. Но это может занять несколько лет в естественных условиях. Поэтому учёные применили простую реакцию, которая ускорила бы этот процесс. Созданный фильтр состоит из мембраны проводов наноразмеров, сверху покрытых материалом из полупроводников. В основном, из оксида титана и цинка. Создавая и ускоряя естественное фотокаталитическое окисление, распадается пластик. Процесс происходит так: мембрана удерживает пластик, после из-за воздействия солнца распадается до безопасных составляющих. Так как полупроводниковый материал притягивает огромное количество солнечных лучей, такой процесс проходит достаточно быстро. По словам Джойдип Дутта (главы исследовательской группы) для начала процесса хватит и 40% солнечного

излучения, например, видимой части спектра. Он надеется, что такая технология найдёт применение и в домах, и в местах сброса сточных вод.

В Америке (стартап Focal Technologies) разработали Ray-систему для обеззараживания канализационной и сельскохозяйственной сточной воды от 99% бактерий: кишечной палочки, листерий, сальмонеллы. Компания выиграла грант на развитие данного проекта около 210 000 долларов. Эта конструкция состоит из фокусирующейся линзы, диаметр которой 2,4 м. На рисунке 2 показан вид такой линзы.

Рисунок 2. Фокусирующаяся линза

В реакторной камере собираются солнечные лучи и жидкость, после чего происходит нагрев и стерилизация воды за счёт ультрафиолетового излучения. Учёные считают, что Ray-система помогает распаду органических соединений и промышленных химикатов, а также уничтожает цианид и гликоль [2, 3]. Отличается такая система мобильностью и экономичностью, а также способностью очистки воды в больших количествах.

Традиционная технология очистки (осаждение – фильтрование – обеззараживание) уже давно не способствует удалению загрязняющих веществ на надлежащем уровне. Справиться с техногенными загрязнениями поможет внедрение современных технологических схем. В западных странах они называются новыми окислительными технологиями (НОТ), к которым относятся фотокаталитические процессы гомогенного и гетергенного характера, озонирование, варианты процессы Фентона, обработка ультразвуком, мокрое окисление, окисление в суперкритической воде, плазменные процессы, ферратная и персульфатная технологии, использование излучения ионами и микроволновой обработки. Основные достоинства современных методов являются непрерывность работы; экологичность; отсутствие реагентного хозяйства; полная автоматизация процесса [4, 5].

Поскольку химический состав отходов по мере развития промышленности и технологий становится все более разнообразным и агрессивным, методы обработки сточных вод постоянно совершенствуются. Поэтому поиску решений в данной проблеме учеными уделяется особое внимание. Для этого летом 2018г. вступил в силу проект федерального значения «Чистая вода», который обеспечит жителей Российской федерации качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения. Из федерального бюджета выделили 147 миллиардов

рублей для модернизации систем водоснабжения и водоотведения малых и средних городов до 2024 года.

Литература:

1. *RMIT университет / Быстро и не так грязно. Режим доступа URL: https://www.rmit.edu.au/news/newsroom/media-releases-and-expert-comments/2018/september/rapid-nano-filter-clean-water (дата обращения 20.03.2019)*
2. *Лапикова А.А. / В США придумали, как очищать сточные воды при помощи солнечной энергии. Режим доступа URL: https://rodovid.me/solar_power/v-ssha-pridumali-kak-ochischat-stochnye-vody-s-pomoschyu-solnechnoy-energii.html (дата обращения 20.03.2019)*
3. *Броницын А.Ю. / Современные тенденции эколого-ориентированного инновационного развития в сфере очистки сточных вод предприятиями ЖКХ в России и за рубежом / Вестник университета №7-8, 2017*
4. *Д.Р. Садреева, Лин Маунг Маунг, Е.Н. Фарносова / Очистка сточных вод от тяжелых металлов методом нанофильтрации / Успехи в химии и химической технологии, том 39, 2015, №2*
5. *Поспелова И.Ю., Корнилов Д.А., Поспелова М.Я. Бесплотинная гидроустановка на малых стоках. В сборнике: ЯКОВЛЕВСКИЕ ЧТЕНИЯ XIII Международная научно-техническая конференция, посвященная памяти академика РАН С.В. Яковлева. М-во образования и науки Рос. Федерации, Московский государственный строительный университет. 2018. С. 83-85.*

УДК 004.023

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕЗОННЫХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Ю.В. Родионов, *профессор, д-р техн. наук, декан автомобильно-дорожного института*
К.А. Бурцев, *аспирант*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

При смене времени года меняется не только интенсивность и условия эксплуатации автомобилей, но и величины показателей надежности. В научно-учебной литературе приводится лишь влияние отдельных климатических и сезонных факторов на некоторые частные показатели надёжности [1, 2]. Однако влияние данных факторов на комплексные показатели надежности в условиях современных коммерческих перевозок мало изучено.

В настоящее время в России парк грузовых автомобилей коммерческого назначения интенсивно обновляется. Владельцы транспортных предприятий осуществляют выбор автомобилей, зачастую ориентируясь на престиж марки, наличие тех или иных моделей на рынке, стоимость и т.п., не учитывая условия, в которых будут эксплуатироваться

данные автомобили. Следовательно, в процессе эксплуатации часто оказывается так, что приобретенный автомобиль имеет бо̀льшие по сравнению с конкурентами эксплуатационные затраты. В большинстве случаев это связано с частыми отказами автомобилей или высокой стоимостью запасных частей, расходных и смазочных материалов.

В связи с этим, появилась необходимость изучения влияния отдельных условий эксплуатации на эксплуатационные затрата автомобилей. Некоторые зависимости эксплуатационных затрат автомобилей от отдельных условий эксплуатации являются очевидными и общеизвестными, например, зависимость затрат на топливо от условий движения, от дорожного покрытия и др. В то время как, влияние сезонных условий на настоящее время в полной мере не исследовано.

Начало изучения условий эксплуатации автомобилей было положено в 1942 г. академиком Е.А. Чудаковым, когда была разработана отраслевая классификация условий эксплуатации автомобилей. В этой классификации давалась характеристика особенностей перевозок в каждой отрасли народного хозяйства, но в ней отсутствовала оценка эксплуатационных затрат автомобиля в зависимости от условий эксплуатации.

В результате проведенных ранее исследований установлено, что максимальное воздействие на коэффициент технической готовности оказывает температура окружающей среды, которая при значительных колебаниях способствует его снижению до 58%, что является недопустимым значением для эксплуатации подвижного состава [3]. Полученные результаты позволяют повысить эффективность эксплуатации автомобилей на действующих автотранспортных предприятиях, поскольку учитывают влияние сезонных условий.

Предметом деятельности рассматриваемого предприятия являются грузовые перевозки, выполнение технического обслуживания и ремонта сдача в аренду складских и производственных площадей, сдача в аренду грузовых автомобилей.

Общий анализ парка автомобилей показал, что наиболее нагруженными и обеспечивающими выполнение большего объема транспортной работы являются автомобили моделей КамАЗ 6520, КамАЗ 5511 и КамАЗ 5320. Эти автомобили – самосвалы характеризуются стабильностью перевозок, значительными годовыми объемами работ и годовых пробегов при различных сезонных условиях эксплуатации и расстояниях перевозок. Следовательно, проанализировав работу данных автомобилей – самосвалов, т.е. получив числовые значения наиболее важных показателей, характеризующих работу подвижного состава и АТП в целом, можно в общем определить зависимость эффективности работы грузового автомобильного транспорта от сезонных условий эксплуатации.

Для сравнения удельных затрат и дальнейшей их оценки с целью повышения эффективности эксплуатации исследуемого автопарка

анализируемые автомобили в количестве 16 единиц поделили на 2 группы. Деление проходило по возрасту и грузоподъемности автомобилей.

В первую группу входят все автомобили марки КамАЗ 6520 в количестве 9 единиц, приобретенные в 2014 году. Во вторую группу вошли 3 бортовых автомобиля марки КамАЗ 5320 и 4 самосвала марки КамАЗ 5511, в возрасте от 8 до 20 лет.

С исследуемого предприятия были взяты данные по расчетам удельных затрат по основным агрегатам, топливу и смазочным материалам. Причиной повышенного износа агрегатов автомобиля может являться несвоевременная замена масел и пластичных смазок, т.е. несвоевременное проведение ТО, а также режим эксплуатации автопарка и влияние сезонных условий эксплуатации, связанное с перепадами температур в холодное время года, изменением ветровых нагрузок, относительной влажности и т.д. [4]. Установлено, что основные затраты приходятся на топливо. Они в разы превышают затраты на все основные агрегаты. Такая разница объясняется большей массой, и, следовательно, большей грузоподъемностью (20 тонн) и соответственно большим расходом топлива (39 л на 100 км).

Во всяком случае масса автомобиля решающим образом влияет на расход топлива. При облегчении автомобиля снижается не только расход материалов, но и уменьшается расход топлива. Но уменьшить массу можно в ограниченных пределах, так как автомобиль должен перевозить как можно больше груза. Иногда можно уменьшить полную массу автомобиля за счет собственной массы (снаряженной).

Если, например, радиус действия автомобилей данного предприятия короткий, то целесообразно не брать с собой запасное колесо (оно может понадобиться в редких случаях), заливать в бак минимальное количество топлива (достаточное для определенного количества рейсов с возвратом к заправочной станции), свести к минимуму комплект инструмента. На грузовом автомобиле эти меры дают возможность снизить массу на 150-200 кг. Тогда снижается расход топлива, приходящийся на единицу полезной нагрузки, т.е. на 1 т груза, а такой расход определяет по существу экономичность использования автомобиля. Подобная картина наблюдается и для 2-й группы автомобилей. Только разница между топливом и удельными затратами на основные агрегаты не такая серьезная. Причина этому – большой возраст подвижного состава данной группы.

Анализируя данные, можно сделать вывод о том, что удельные затраты на ГСМ у автомобилей 1-й группы значительно больше, чем у автомобилей 2-й группы. Это объясняется большей грузоподъемностью и соответственно большим потреблением топлива, чем у автомобилей 1-й группы.

На предприятии имеются данные о затратах на топливо и смазочные материалы в соответствии с сезонными условиями (табл. 1). Видно, что в зимний период эксплуатации значительно увеличиваются удельные затраты на топливо и смазочные материалы.

Таблица 1

Средние значения удельных затрат на ГСМ

Показатель	КамАЗ 6520	КамАЗ 5511	КамАЗ 5320
Грузоподъемность, т	20	13	10
Средние удельные затраты на топливо, руб/км:			
– зима	6,52	4,15	3,78
– весна	5,87	3,63	2,91
– лето	5,15	3,07	2,24
– осень	5,74	3,6	3,1
Средние удельные затраты на смазочные материалы, руб/км:			
– зима	0,86	0,73	0,69
– весна	0,78	0,64	0,62
– лето	0,65	0,58	0,50
– осень	0,80	0,66	0,59

Также нельзя не отметить, что для оценки удельных затрат на эксплуатацию автомобилей необходима информация о затратах на зарплату водителей и механиков (табл. 2), что потребуется в дальнейшем для расчета эффективности эксплуатации исследуемого парка и принятия мер по ее повышению. Данные затраты значительно увеличиваются в осенне-зимний период.

Таблица 2

Средние значения удельных затрат на зарплату водителей и механиков с учетом сезонных условий

Показатель	КамАЗ 6520	КамАЗ 5511	КамАЗ 5320
Средние удельные затраты, руб/км:			
– зима	12,74	11,56	11,32
– весна	11,01	10,87	10,53
– лето	9,27	9,00	8,86
– осень	11,17	10,74	10,25

Представленные результаты исследований позволяют приступить к разработке методики учета сезонных условий эксплуатации грузовых автомобилей, что позволит более рационально прогнозировать удельные затраты и повысить эффективность эксплуатации автомобилей, которая напрямую связана со временем простоя в ТО и ремонте, а также с объемом грузоперевозок.

Литература:

1. *Агеев, Е.В. Проблемы и перспективы развития технической эксплуатации автомобилей: монография / Е.В. Агеев, А.Л. Севостьянов, Ю.В. Родионов. – Пенза:ПГУАС, 2014. – 200 с.*

2. *Кузнецов, Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей – М.: Транспорт, 1991. - 413 с.*
3. *Родионов, Ю.В. Влияние сезонных условий эксплуатации на показатели надежности / Ю.В. Родионов, В.А. Мигачев, Е.А. Островская // Мир транспорта и технологических машин. – 2016, №1 (52). – С. 3-10.*
4. *Паули, Н.В. Исследование влияния уровня затрат на надежность и эффективность грузовых автомобилей / М.Ю. Обшивалкин, Н.В. Паули, Ю.В. Родионов // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. - № 1. – С. 3-12.*

УДК 624.21.095

ПРАВИЛА ОЦЕНКИ ИЗНОСА И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕМОНТУ И РЕКОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СООРУЖЕНИЯ

Н.И. Тарасеева, *канд. техн. наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное строительство»*
И.В. Калашникова, *студент*
К.А. Кондратьев, *студент*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

О.В. Баулина, *преподаватель высшей категории*

Государственное автономное профессиональное образовательное учреждение Пензенской области «Пензенский колледж архитектуры и строительства», Пенза

Значительная часть мостов и путепроводов построена 1960-1980 годах и эксплуатируется на протяжении более 40-50 лет. Каждое сооружение имеет паспорт, но в случае большего возраста, могут отсутствовать данные о первоначальном (проектном) состоянии.

Для определения характеристик инженерного сооружения и степени износа, а также для планирования ремонта, усиления или переустройства конструктивных элементов необходима регистрация состояния или технический учет последних. Эксплуатация мостов и труб на автомобильных дорогах ведется персоналом дорожных участков, которые детально осматривают все элементы сооружения с инструментальной съемкой плана и профиля главных балок (ферм) пролетных строений, выявляют и назначают меры для их устранения, проверяют качество выполненных работ.

С целью определения технического состояния, выявления дефектов (рис. 1, 2), проводят обследования мостовых сооружений, на основании которых разрабатывают рекомендации по устранению и предупреждению возникновения дефектов, по дальнейшей эксплуатации, ремонту, реконструкции, назначения режима движения и в других целях.

Рисунок 1. Разрушения главных балок пролетного строения (скол ребра, разрушение бетона на монолитных участках сопряжения балок, подтеки на ригеле)

Рисунок 2. Разрушение укрепления конуса насыпи.

Обследования необходимо проводить с соблюдением требований нормативных документов, действующих на момент обследования, а также документов, оговоренных в техническом задании, на всех этапах жизненного цикла объекта транспортной сети:

- при сдаче мостовых сооружений в эксплуатацию по окончании строительства или реконструкции;
- после выполнения работ по ремонту и капитальному ремонту;
- периодически в процессе эксплуатации для контроля состояния и планирования ремонтных работ;
- при разработке проектов ремонта, капитального ремонта или реконструкции;
- по результатам осмотров эксплуатирующих организаций.

Как мы видим, обследования являются составляющей частью надзора за мостовыми сооружениями (МС) и включают сбор необходимой

информации в объеме, предусмотренном техническим заданием, необходимом для достижения поставленных целей. При обследовании может производиться анализ причин возникновения дефектов, установление ремонтопригодности отдельных элементов, исследоваться возможность усиления, уширения несущих конструкций и пр.

В зависимости от поставленных целей, характера и полноты получаемых сведений, величины трудозатрат на оценку состояния долгосрочно эксплуатируемых МС удобно разделить на следующие основные типы:

1. Периодическая диагностика эксплуатируемых мостовых сооружений проводится через установленные промежутки времени (средняя периодичность – 1 раз в 5 лет) с целью выявления их состояния, проверки соответствия сооружений установленным требованиям и внесения изменений в банк данных. При этом вид отчетной документации – технический паспорт мостового сооружения.

2. Первичная диагностика новых (вновь построенных) сооружений или после реконструкции перед вводом в эксплуатацию устанавливает соответствие сооружения утвержденному проекту и требованиям [1] к качеству работ. По её результатам вносят параметры нового сооружения в банк данных. Отчетная документация – первичный технический паспорт мостового сооружения.

3. Диагностика после проведения ремонта производится для уточнения технического состояния сооружения по результатам выполнения ремонтных работ, внесения этих уточнений в банк данных и корректировки технического паспорта. Для контроля и учета полученных данных в дальнейшей эксплуатации отчетная документация – уточнения в техническом паспорте мостового сооружения.

4. После проведения капитального ремонта также необходимо выполнять диагностику МС с целью установления соответствия качества выполненных работ проекту и [1], внесения параметров отремонтированного сооружения в банк данных. В качестве отчетной документации оформляется технический паспорт мостового сооружения.

5. Периодическое обследование мостовых сооружений проводится через установленные промежутки времени (средняя периодичность – 1 раз в 10 лет, а для деревянных мостов – 1 раз в 5 лет). Мостовые сооружения, находящиеся в неудовлетворительном состоянии, до начала восстановительных работ необходимо обследовать ежегодно.

Основными задачами регулярно осуществляемых периодических обследований эксплуатируемых мостовых сооружений являются оценка и контроль их состояния, проверка соответствия последнего установленным требованиям. Данный вид обследования позволяет выполнить более детальный, глубокий и качественный анализ состояния, как отдельных элементов, так и сооружения в целом, поскольку сопровождается

проведением полных или частичных испытаний с привлечением специализированных организаций и «дорожных лабораторий». Отчетная документация – отчет о результатах обследования и технический паспорт мостового сооружения.

6. После реконструкции больших и внеклассных мостовых сооружений или перед вводом в эксплуатацию вновь построенных (новых) сооружений выполняют первичное обследование с целью установления соответствия сооружения утвержденному проекту и [1] к качеству работ.

В этом случает проектная организация или непосредственный Заказчик, например, территориальный орган управления, может потребовать испытать сооружение, как это предусмотрено [2] с составлением соответствующей документации – отчета о результатах обследования и первичного технического паспорта транспортного сооружения (моста).

7. Обследование мостовых сооружений после проведения ремонта, капитального ремонта применяется в основном для больших и внеклассных мостовых сооружений и может сопровождаться проведением испытаний. О результатах обследования составляется отчет и формируется дополненный или исправленный технический паспорт МС.

8. Предпроектное обследование – обязательный вид обследования перед составлением технического задания на проектирование ремонта, капитального ремонта или реконструкции мостового сооружения проводится с целью определения ремонтопригодности его элементов и сбора необходимой информации для разработки проекта, принятия правильной стратегии по модернизации сооружения. При данном виде обследования могут быть попутно проведены полные или частичные испытания основных несущих конструкций. При необходимости, по техническому заданию Заказчика, в процессе предпроектного обследования выполняются геологические изыскания, подводные обследования, углубленное исследование конструкционных материалов и другие узкоспециализированные работы, стоимость которых определяется отдельными расчетами или договорной ценой отдельных контрактов.

Отчет о предпроектном обследовании является формой отчетной документации.

9. Необходимость проведения, цели, задачи внеплановых (специальных) и неполных обследований устанавливаются индивидуально для каждого конкретного сооружения. Это может быть связано с решением специальных вопросов, например, с целью уточнения расчетной грузоподъемности, обследования аварийных конструкций, обследования при организации пропуска сверхнормативных нагрузок по сооружению для определения возможности и условий их проезда, а также выявления повреждений после их прохода и т.д . (рис. 3). В качестве отчетной

документации составляется заключение или отчет о результатах обследования.

Рисунок 3. Последствия несоблюдения подмостового габарита путепровода (аварийная ситуация, повреждение несущих балок)

Таким образом, выполнение диагностики и обследования эксплуатационного состояния мостовых и других транспортных сооружений на автомобильных дорогах позволяет не только оценить степень соответствия нормативным требованиям переменных параметров и характеристик дороги, изменяющихся под воздействием транспортных средств, метеорологических условий, уровня содержания, прочности одежды, состояния поверхности дороги и фактически используемой ширины проезжей части и обочин, сцепных качеств и ровности покрытия, состояния разметки, инженерного оборудования, и подготовить базу для разработки рекомендаций и составления проектно-сметной документации на ремонт и реконструкцию.

Литература:

1. *СП 46.13330.2012 Мосты и трубы. Актуализированная редакция СНиП 3.06.04-91 (с Изменениями N 1, 3)*
2. *СП 79.13330.2012 "СНиП 3.06.07-86 "Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний"*
3. *ОДМ 218.4.001-2008 Методические рекомендации по организации обследования и испытания мостовых сооружений на автомобильных дорогах.*
4. *ВСН 4-81. Инструкция по проведению осмотров мостов и труб на автомобильных дорогах./М: Минавтодор РСФСР, 1999.*
5. *Методические рекомендации по содержанию мостовых сооружений на автомобильных дорогах/ТП Росдорнии. – М., 1999.*

УДК 528.5:69.059

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

***Т.И. Хаметов**, профессор, д-р экон. наук, зав. кафедрой «Землеустройство и геодезия»*
***М.Г. Шалимов**, старший преподаватель кафедры «Землеустройство и геодезия»*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В отличие от не геодезических методов измерения деформаций, геодезические (в основном, методом геометрического нивелирования) позволяют получить достоверную и полную информацию о величинах осадки наблюдаемого объекта. При этом высокоточное нивелирование с длиной луча визирования до 20 м позволяет определять превышения между двумя точками с погрешностью 0,1-0,2 мм и со средней квадратической погрешностью не более 0,5 мм, а также с небольшими материальными затратами и в сложных условиях стройплощадки или действующего предприятия [1, 3]. Однако есть и недостатки этого метода: неполная автоматизация измерений; невозможность нивелирования осадочных марок в трудно доступных местах и при насыщенности технологическим оборудованием, трубопроводами и т.п.; необходимость применения короткой нивелирной рейки; неточное взятие отчета по рейке в условиях наличия газов, потоков теплого воздуха, вибрации и т.п.

Кафедра геодезии на протяжении 35 лет накопила определенный опыт по измерению осадки и крена зданий и сооружений (как на стадии их возведения, так и в процессе эксплуатации), а также деформации наземных и надземных подкрановых путей грузоподъёмных кранов.

При наблюдении за осадками гражданских и промышленных зданий на территории города репера размещались как можно ближе к измеряемым осадочным маркам здания, как правило, 70-150 м от здания, но не ближе предполагаемой зоны активных деформаций, создаваемых весом здания. В отдельных случаях (при наблюдении в течении до 2 лет) при нивелировании II-III классов точности в качестве опорных высотных знаков могут служить грунтовые репера, а также стенные репера, расположенные в цоколе давно эксплуатируемых зданий с достигшей стабилизацией осадки фундаментов. Конструкция фундаментального репера при нивелировании I-II классов точности, изготовленная нами и заложенная дополнительно к имеющимся двум реперам на территории Пензенской ТЭЦ-1 в 2018 году представлена на рис. 1.

Конструкция фундаментального репера состоит из металлической трубы диаметром 25,4 мм, оборудованной металлическим шаровидным

оголовком с обсадной трубой диаметром 180 мм. Межтрубное пространство заполнено теплоизоляционным материалом – керамзитом. Высотный опорный знак установлен на металлический башмак, закрепленный сваркой к внутренней трубе и на бетонное основание (бетон М-400). Верх керамзита в межтрубном пространстве залит битумом для гидроизоляции (защиты от влаги, паводковых вод и т.п.). Высотный опорный знак огражден защитной металлической трубой с крышкой над отверстием.

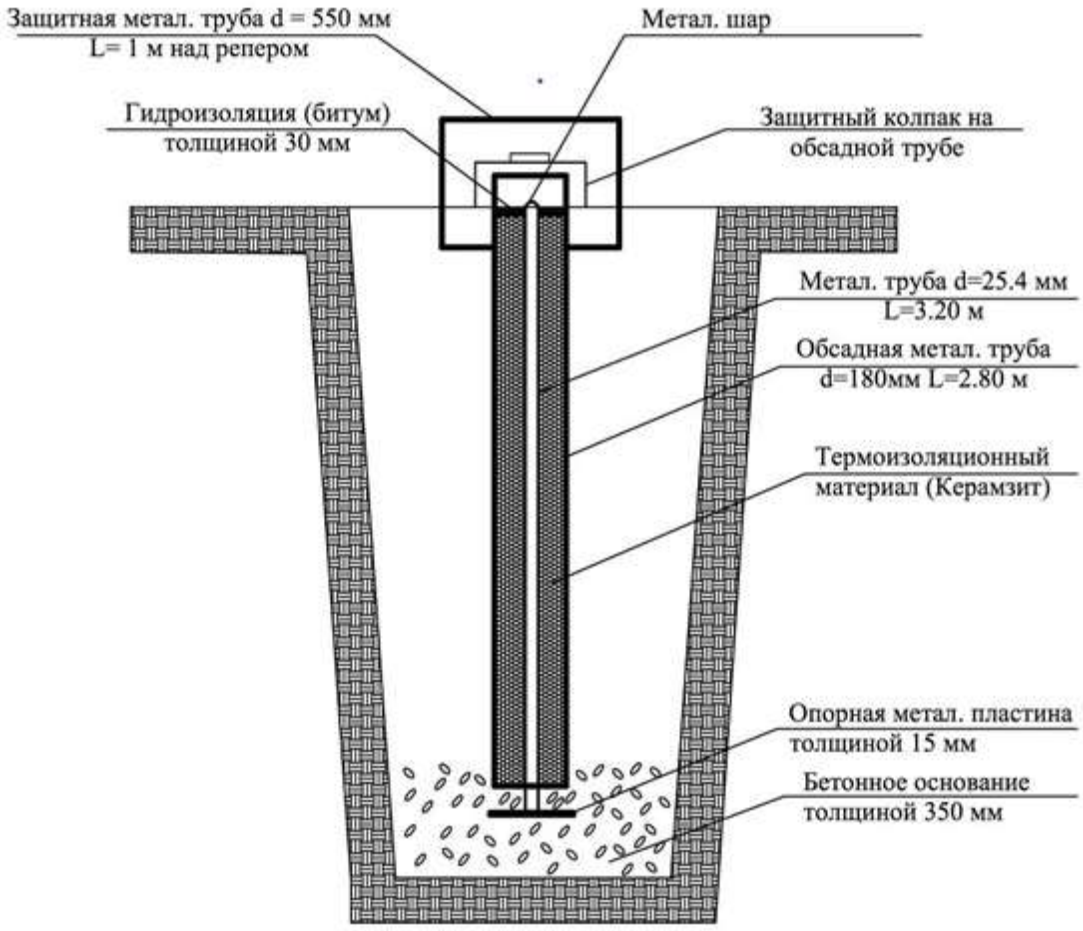


Рисунок 1. Конструкция фундаментального репера, заложенная на территории ТЭЦ-1

Абсолютная отметка заложенного фундаментального репера определена методом геометрического нивелирования I-II классов с привязкой к двум фундаментальным реперам на территории ТЭЦ-1 и городской геодезической сети. Геодезические координаты всех реперов получены методом спутниковых определений с использованием спутниковых приемников Stonex S9 GNSS III.

Устойчивость реперов можно проверять по координатам, установленным по истечении 10 дней после их закладки и в каждом периоде измерений. Координаты удобно определять с помощью GPS оборудования.

При нивелировании осадочных марок особое внимание должно быть уделено связующим осадочным маркам, т.к. погрешность в их высоте передается на все остальные. Вместо основных металлических башмаков и костылей, используемых при нивелировании в качестве временных связующих точек, можно использовать простые железные костыли.

На бескаркасных и кирпичных зданиях на ленточных фундаментах размещение осадочных марок желательно выполнять по периметру здания через каждые 10-15 м. А на сборных фундаментах через 6-8 м, на свайных фундаментах по продольным и поперечным осям через 10-15 м. На дымовых трубах ТЭЦ - не менее 4х марок.

В связи с тем, что изготовление конструкции осадочных марок специальными предприятиями в РФ отсутствует, то их проектировать и изготовлять приходиться непосредственно самим исполнителям наблюдения за деформациями. В качестве осадочных марок можно использовать в зависимости от типа объекта наблюдения металлические костыли, штыри длиной 10-15 см, болты, обрезки стальных уголков при закреплении их к кирпичным, бетонным стенам и до 5 см – к металлическим колоннам. Сложнее является изготовление и закрепление марок к металлическим резервуарам с теплоизоляционной оболочкой. Здесь приходится использовать в качестве конструкции осадочной марки стальной уголок с приваренным болтом и завинчивающейся шляпкой с размещением по окружности через каждые 6 м.

Как правило начальный и последующие периоды измерения осадки строящегося здания, сооружения выполняется после возведения каждого этажа или при достижении давления на грунт в размере кратном 25% от веса сооружения, т.е. 25%, 50%, 75%, 100%. По окончанию строительства здания в течении первых двух лет его эксплуатации измерения необходимо выполнять в периоды замерзания и оттаивания грунта под фундаментом до тех пор , пока годовая скорость осадки составит не более 1-2 мм.

Класс точности измерения осадки задаётся в техническом задании и составляет обычно 1, 2, 3 классы нивелирования при определении вертикальной осадки объектов наблюдения.

Практика показала, что для вновь строящихся объектов с точки зрения точности измерения вполне оправдано измерение осадки методом нивелирования 3 класса, т.к. средняя скорость осадки в этот период составляет 5-20 мм и более в месяц. При меньшем значении осадки (1-4 мм в месяц) измерения необходимо выполнять прибором, соответствующим 2 классу нивелирования.

В целом при наблюдении за деформациями объектов на территории ТЭЦ технология измерения состояла из следующих действий:

– проложение нивелирных ходов 1-2 классов точности между фундаментальными реперами. Предварительно, из имеющихся реперов

определяется один устойчивый (расхождение высот между реперами не должно превышать 0,3-0,5 мм) и удобный для измерения;

– проложение нивелирных ходов 2-3 классов точности от выбранного репера к осадочным маркам и их нивелирование в соответствии с техническими допусками.

– камеральная обработка результатов измерения. При этом рассчитывается превышение между связующими точками на всех станциях нивелирного хода. Вычисляется и распределяется значение невязки. По исправленным превышениям вычисляются отметки связующих, а через горизонт прибора на станции – отметки промежуточных осадочных марок. Отметки вносятся в ведомость абсолютных отметок и по ним рассчитываются величины осадки марок в данном периоде измерения. Пример оформления такой ведомости приведен в таблице 1.

Таблица1

Ведомость абсолютных отметок осадочных марок береговой насосной станции №2 ТЭЦ-1, мм

№ Марок	Периоды наблюдения		Осадка, подъём
	Октябрь 2012г	Октябрь 2018г	
1	139 128	139 126,7	-1,3
2	139 140	139 139,1	-0,9
3	139 121	139 121,3	+0,2
4	139 042	139 042,0	0
5	139 100,5	Утрачена	-
8 БНС 1		139 642,1	-
Репер №1	138 321	-	-

– определение основных показателей деформации объектов наблюдения по вычисленным значениям осадки (средняя осадка, скорость осадки, относительные значения прогиба и выгиба подошвы фундамента);

– составление графика осадки;

– опыт выполнения планово-высотной съёмки и измерения деформации подкрановых путей грузоподъёмных кранов в неблагоприятных условиях для работы исполнителей (высота, загазованность, высокая температура и т.п.) нами были освещены ранее [2].

Литература:

1. *Хаметов Т.И. Наблюдения за деформациями строительных конструкций, зданий и сооружений геодезическими методами: моногр. / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2018. – 132 с.*
2. *Хаметов Т.И. Измерение геометрических параметров подкрановых путей мостовых кранов геодезическими методами. Региональная архитектура и строительство. Пенза, ПГУАС, № 1, 2018.*
3. *Шеховцов, Г.А. Современные геодезические методы определения деформации инженерных сооружений [Текст]: моногр. / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова. – Н.Новгород: ННГАСУ, 2009. – 156 с.*

УДК 691.328:666.9-16

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ ФИБРЫ С ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫМ ВЫСОКОПРОЧНЫМ БЕТОНОМ

***В.Л. Хвастунов**, д-р техн. наук, профессор кафедры «Технологии строительных материалов и деревообработки»*
***А.В. Хвастунов**, канд. техн. наук*
***К.Н. Махамбетова**, канд. техн. наук, кафедра «Технологии строительных материалов и деревообработки»*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Изготовление и эксплуатация бетонных и железобетонных сооружений сопровождаются трещинообразованием, вызванном ударными, вибрационными и другими динамическими нагрузками; нарушениями в расчетах и армировании; применением некачественных материалов; несоблюдением режимов тепловой обработки и технологии монтажа; неодинаковой прочностью, упругостью, жесткостью используемых материалов; снижением прочности основания. Эти факторы наиболее интенсивно проявляются на разных этапах твердения бетона, и поэтому их влияние на долговечность бетонных элементов неодинаково. Значительная роль принадлежит деформациям, происходящим в затвердевшем бетоне, связанных с растягивающими или изгибающими нагрузками, внутренними напряжениями при попеременном замораживании и оттаивании, влиянием внешней среды, процессами коррозии и т.д.

С течением времени это существенно сказывается на напряженно-деформированном состоянии элементов конструкций. Исключить все вышеназванные причины трещинообразования в бетоне или снизить степень их влияния на свойства материала можно применением дисперсно-армированных бетонов. Внедрение такого композита в производство позволяет успешно решить ряд технических задач – усиление мостовых конструкций, взлетно-посадочных полос, промышленных бетонных полов, созданию солнцезащитных экранов, декоративных элементов и др.

Фиброармированный бетон, как и традиционный бетон, представляет собой композиционный материал, включающий дополнительно распределенную в объеме фибровую арматуру. Дисперсное армирование бетона фиброй позволяет в большой степени компенсировать главные недостатки бетона – низкую прочность при растяжении и хрупкость разрушения. Известно, что фибробетон и тем более с высокопрочной матрицей имеет в несколько раз более высокую прочность при растяжении и на срез, ударную и усталостную прочность, трещиностойкость и вязкость

разрушения, морозостойкость, водонепроницаемость, жаропрочность и пожаростойкость. По показателю работы разрушения высокопрочный фибробетон может в 15-20 раз превосходить аналогичный бетон, в том числе, при действии ударов и других динамических и сейсмических нагрузок. Это обеспечивает его высокую технико-экономическую эффективность при применении в строительных конструкциях и их ремонте.

Для показателей свойств фибробетона характерна: высокая предельная растяжимость и работоспособность без трещин или с очень малой шириной раскрытия в стадии эксплуатации; высокая коррозионная стойкость и долговечность; хорошая сопротивляемость истираемости; пониженная деформативность при ползучести и усадки.

Экспериментально-теоретические исследования отечественных и зарубежных ученых [1-5] показали, что основными факторами, влияющими на прочность, являются: число армирующих волокон, пересекающих расчетное сечение, зависящее от объемного процента армирования и диаметра арматуры; боковая поверхность арматуры; длина волокон; прочность матрицы. Основываясь на зарубежном и отечественном опыте исследований в области фибробетона, была проведена работа по созданию высокопрочных цементных композиций с низким удельным расходом цемента на единицу прочности, обладающих уникальными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками.

Основными этапами проведения исследований являлись следующие: отработка трехступенчатой многокомпонентной матрицы мелкозернистого и щебеночного бетона с высокой пластичностью при малом расходе воды, последовательность введения металлических и неметаллических волокон, а также щебня и песка в цементную матрицу, объемное содержание фибры в единице объема композита, регулировка сроков твердения, как в нормальных условиях, так и при тепловой обработке.

В качестве материала для фибры в большинстве случаев применяют сталь, стекловолокно, полимерные материалы. Эффективность армирования бетона фиброй зависит от многих факторов, в том числе от объемного содержания фибры в матрице, от прочности и модуля упругости фибры, геометрии, равномерности распределения по объему, сцепления фибры с матрицей.

Согласно теории разрушения композиционных материалов, напряжения воспринимаются матрицей и фиброй, они зависят от объемной концентрации фибры, а также от соотношения модулей упругости компонентов. Согласно исследований [1], увеличение прочности на растяжение фибробетона происходит только в том случае, когда содержание фибры находится выше критического значения $V_{ф.кр}$, определяемое по зависимости:

$$V_{ф.кр} = \frac{R_{t,м}}{\eta_0 \cdot \eta_V \cdot R_{t,ф}} \quad (1)$$

где, $R_{t,м}$ и· $R_{t,ф}$ – пределы прочности при растяжении матрицы и фибры; η_0 – коэффициент учета ориентации фибры ($\eta_0 \leqslant 1$); η_V – коэффиицент сцепления матрицы с фиброй ($\eta_V \angle 1$), если сцепление между матрицей и фиброй недостаточное.

Если при нагрузке в фибробетоне возникла трещина, то противодействие фибры её дальнейшему раскрытию исчезает или из-за разрыва фибры или вырывания фибры из матрицы. На этот механизм влияет прочность и геометрия фибры, а также её сцепляемость с матрицей. Чем выше прочность матрицы и длина фибры, тем больше прочность её сцепления с фиброй. Исследования [1] показали, что критическая длина фибры $l_{ф,кр}$ может быть определена по формуле:

$$l_{ф,кр}=\alpha \cdot 2l_ф=\alpha \cdot \frac{R_{t,ф}}{2\tau_m} \quad (2)$$

где, $R_{t,ф}$ – предел прочности фибры при растяжении; α – диаметр фибры; τ_m– напряжение сцепления; А – коэффициент, учитывающий возникновение трещины по длине фибры (α > 1).

Зная прочность фибры $R_{t,ф}$ и силу её сцепления τ_m можно определить геометрический критерий l/d, характеризующий эффективность работы фибры в бетоне.

Для определения прочности фибры существует несколько известных методик в зависимости от её длины и диаметра. В то же время методики по определению прочности сцепления фибры малого диаметра с бетоном нам неизвестны. Тем более при таких испытаниях интересен вопрос о толщине растворной или бетонной смеси матрицы, оказывающей влияние на разрыв фибры или на её вытягивание из слоя определенной толщины. Трудность такого эксперимента заключается в том, что при выдергивании тонкой фибры из различных материалов происходит их обрыв в зажимных системах.

Нами разработана методика определения прочности сцепления фибры, которая основывается на том, что из матрицы вытягивается не одна фибра, а две через блок. Блок позволяет уменьшить до предела недостатки, характерные для вытягивания одной фибры. Общий вид установки изображен на рис. 1.

Установка состоит из продольных ребер, боковых стенок, углублений в оргстекле для размещения пластмассовых для раствора или бетона форм различной высоты, моделирующей толщину слоя композита, из которого вытягивается фибра. Предварительно проведенные опыты с использованием металлической фибры показали, что прочность их сцепления с бетоном колеблется в широких пределах от 1,5 МПа до 12,3 МПа. Данная методика формования образцов с закрепленной фиброй

позволяет определить с достаточно высокой точностью сцепление фибры с цементно-песчаным раствором и бетоном.

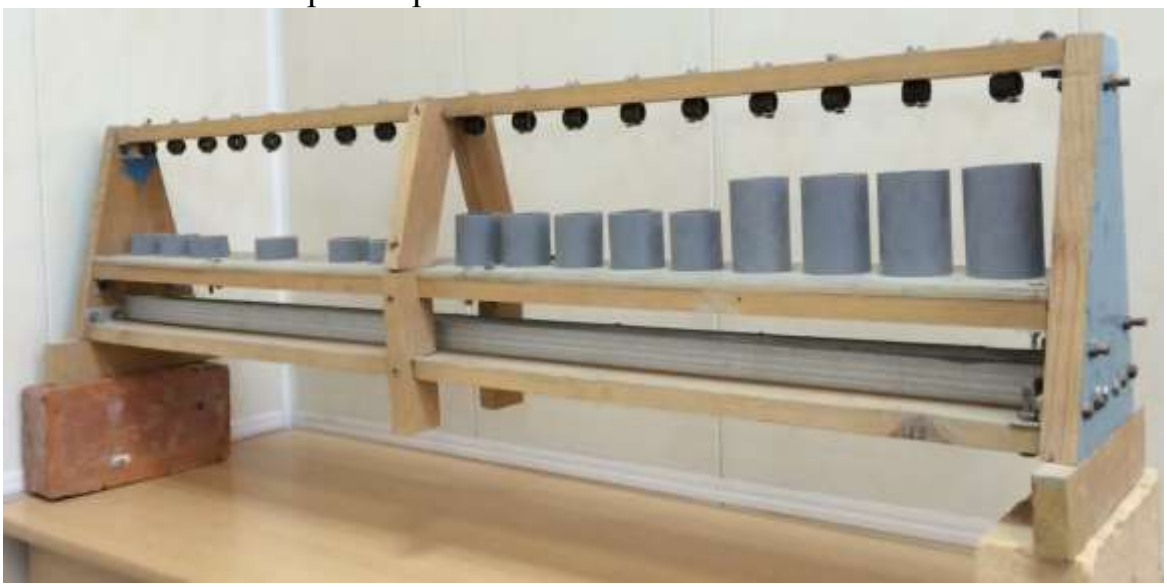


Рисунок 1. Установка для определения сцепления фибры с цементно-песчаным раствором и бетоном (при диаметре фибры от 100 до 1000 мкм)

Применение дисперсно-армированного бетона может быть целесообразным в следующих конструкциях и изделиях: в тонкостенных конструкциях сложных очертаний (оболочки, различные архитектурные формы, трубы); в конструкциях, испытывающих высокие ударные и знакопеременные нагрузки (сваи, некоторые виды фундаментов под оборудование); в конструкциях, испытывающих одновременное воздействие ударных нагрузок и истирания (аэродромные и автодорожные покрытия, грузовые площадки морских портов); в изделиях, испытывающих воздействие изгиба и истирания (тротуарные плиты, полы промышленных зданий); в металлоемких изделиях, где дисперсно-армированные бетоны может заменить металл (инвентарные формы, крышки люков канализационных колодцев).

Положительный экономический эффект фибробетона складывается в основном благодаря его высокой прочности, высокой износоустойчивости, удобству эксплуатации, более длительному межремонтному периоду и более надежной технике безопасности в строительстве в условиях сейсмических нагрузок, ударных нагрузок и пожаров. Однако, одним из важнейших факторов, определяющих распространение этого строительного материала, является его технологичность, которая имеет ряд существенных особенностей, отличающих от обычного бетона и требующих их неукоснительного соблюдения.

Принимая во внимание вышеперечисленные положительные качества, использования и исследования высокопрочного фибробетона в элементах и конструкциях многоэтажных и высотных зданий, построенных особенно в сейсмической зоне, его использование представляется

высокоэффективным. Это можно объяснить укреплением бетона дисперсной фиброй, обеспечивающей диссипацию энергии в структуре, элементе, объеме или площади благодаря более высокой энергии деформации и деструкции по сравнению с обычным бетоном. Одним из многочисленных примеров успешного применения сталефибробетона является тонкостенная конструкция несъемной опалубки для ремонта жилых домов, изготовленная из высокопрочной мелкозернистой бетонной смеси и отрезков стальной фибры.

Литература:

1. *Мещерин Н.В. Предупреждение трещинообразования в бетоне с помощью фиброармирования / Бетон и железобетон №1(6). 2012. С. 30-37.*
2. *Mechtcherine V., Lieboldt M.: Permeation of water and gases through cracked textile reinforced concrete. Cement Concrete Comp 33 (2011). P.725-734.*
3. *Müller H.S., Reinhardt H.-W. (2010) Beton. In: Betonkalender 2010, Ernst&Sohn Verlag, Berlin, 2010, Band 1. Pp. 293-436.*
4. *Butler M., Lieboldt M., Mechtcherine V.: Application of Textile-Reinforced Concrete (TRC) for Structural Strengthening and in Prefabrication. In: Advances in Cement-based Materials, G. van Zijland W.P. Boshoff (eds.), Taylor&Francis Group, London, 2010. Pp. 127-136.*
5. *Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Изд-во ассоциации строительных вузов. М.: 2004. – 560 с.*

УДК 624.04

ОСОБЕННОСТИ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЦИКЛИЧЕСКИ-СИММЕТРИЧНЫХ РАМНЫХ СИСТЕМ

А.И. Шеин, *д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Механика»*
А.В. Чуманов, *ассистент кафедры «Механика», аспирант*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Пространственные каркасы различных зданий и сооружений часто проектируются в виде циклически симметричных рам (купола, башни, градирни, локаторы и т.д.). Циклически-симметричными принято называть рамы, имеющие форму правильного многоугольника и состоящие из жестко связанных между собой в узлах элементов, расположенных в меридиональных и параллельных плоскостях. Будучи повернутыми вокруг своей оси на определенный угол, они совмещаются со своим первоначальным положением. Указанные рамные системы относятся к конструкциям, которые должны обладать высокой степенью безопасности. В то же время эти конструкции могут быть подвергнуты пульсационным, периодическим нагрузкам, такими как ветровые и сейсмические воздействия. Под действием таких нагрузок в циклически-симметричных рамных системах могут развиться чрезмерные колебания, способные вызвать необратимые

пластические деформации элементов каркаса и разрушение ограждающих конструкций. Поэтому разработка способов гашения колебаний цикличес-ки-симметричных рамных систем представляет собой актуальную задачу.

Вопросы гашения колебаний призматических башен исследовались в работах А.И. Шеина, О.Г. Земцовой [1-5].

Остановимся на предпосылках, положенных в основу построения математической модели колебаний циклически-симметричных рамных систем, а именно:

– конфигурация рам задается линиями, совпадающими с центрами тяжестей составляющих их элементов;

– под циклической симметрией понимается как геометрическая, так и физическая симметрия;

– все стержни, входящие в состав рамы прямолинейны и имеют постоянное поперечное сечение;

– в основу построения математических моделей рам положен метод конечных элементов;

– все инерционные характеристики и внешние нагрузки сосредоточены в узлах рамы.

При ψ_i=const (рис. 1, ж, з, и) получим циклически-симметричную раму пирамидального типа. При ψ_i=const=90^o получим призматическую раму (рис. 1, г, д, е). При изменении угла ψ_i получим куполообразные рамы (рис. 1, а, б, в).

При закреплении за кольцо ближайшее к вершине купола получает циклически-симметричную рамную систему антенны или локатора (рис. 1, к, л, м).

При решении задачи гашения колебаний механической системы необходимо знать собственные частоты и собственные формы колебаний конструкции, поскольку именно на этих частотах возможны резонансные явления. Гаситель колебаний должен иметь возможность (настройки) полезно работать на этих частотах. Поэтому, в первую очередь, определим собственные частоты и собственные формы колебаний циклически симметричных рам. Кроме того, постараемся выявить те геометрические особенности, конфигурации пирамидальных рам и куполов, при которых происходит качественные изменения в формах колебаний этих систем.

При исследовании колебаний циклически-симметричных рам рассматривали первые три формы собственных колебаний. У рам призматического типа обнаружены следующие формы колебаний: при первых двух формах колебаний узлы конечных элементов перемещаются в плоскостях ZOX и ZOY соответственно (рис. 2, а, б), при третьей форме колебаний перемещения узлов происходят в плоскости XOY таким образом, что правильный многоугольник, образованный стержневыми конечными элементами яруса, поворачивается относительно центра описанной окружности многоугольника (рис. 2, в).

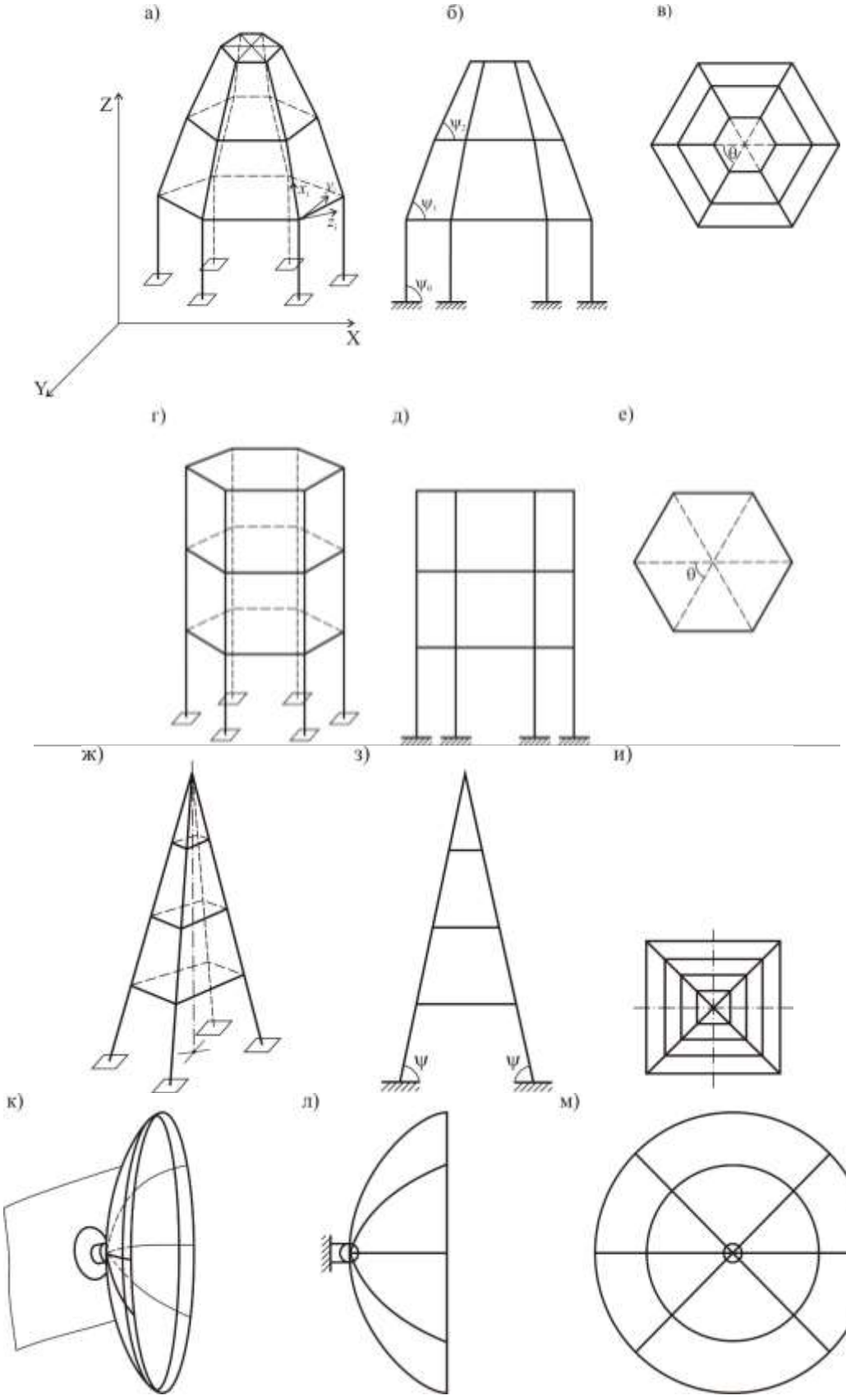


Рисунок 1. Циклически-симметричные рамы

Полученные первые три формы для призматических рам выявлены при любых изменениях начальных параметров (погонные жесткости

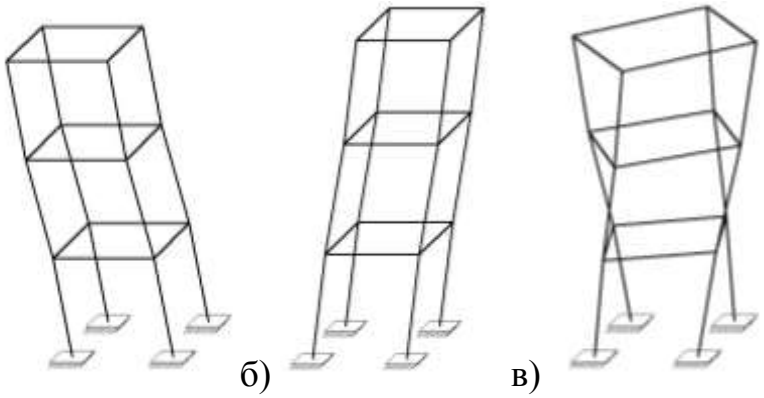
конечного элемента при изгибе и кручении, количество этажей, количество углов правильного многоугольника).

При исследовании колебаний пирамидальных рам вывалены аналогичные формы колебаний, однако при некоторых параметрах исходной схемы и геометрических характеристик наблюдается рокировка форм колебаний, т.е. первая форма колебаний крутильная (рис. 3,в), а вторая и третья формы колебаний – изгибные (рис. 3, а, б). Расчеты проводились на примере пирамиды, основание которой правильный шестиугольник.

Изучая параметры, при которых первая форма колебаний является крутильная, получили значения приведенные в таблице 1.

В данном исследовании установлены следующие закономерности:

- при уменьшении погонной жесткости при изгибе и кручении увеличивается диапазон угла ψ, при котором первая форма колебаний – крутильная;
- при большом количестве ярусов (более 10) первая форма колебаний пирамидальных рам всегда изгибная;
- при tgψ>7 первая форма колебаний изгибная.



а) б) в)

Рисунок 2. Формы колебаний циклически-симметричных рам призматического типа

Таблица 1

Результаты вычислений

Количество этажей	Отношение высоты пирамиды к радиусу описанной окружности шестиугольника, tgψ		
	$EI_x/L=1{,}297\cdot10^5$ Н·м^2, $GI_{кр}/L=1{,}559\cdot10^4$ Н·м^2,	$EI_x/L=2{,}594\cdot10^5$ Н·м^2, $GI_{кр}/L=3{,}118\cdot10^4$ Н·м^2,	$EI_x/L=0{,}649\cdot10^5$ Н·м^2, $GI_{кр}/L=0{,}755\cdot10^4$ Н·м^2,
2	0…5,24	0…5,08	0…5,29
3	0…5,76	0…5,25	0…5,29
4	0,98…5,5	0,98…4,8	0,98…5,75
5	2,24…4,38	2,48…3,3	2,2…4,68
6	-	-	-

Примечание: EI_x/L – погонная жесткость вертикального конечного элемента при изгибе; $GI_{кр}/L$ – погонная жесткость вертикального конечного элемента при кручении.

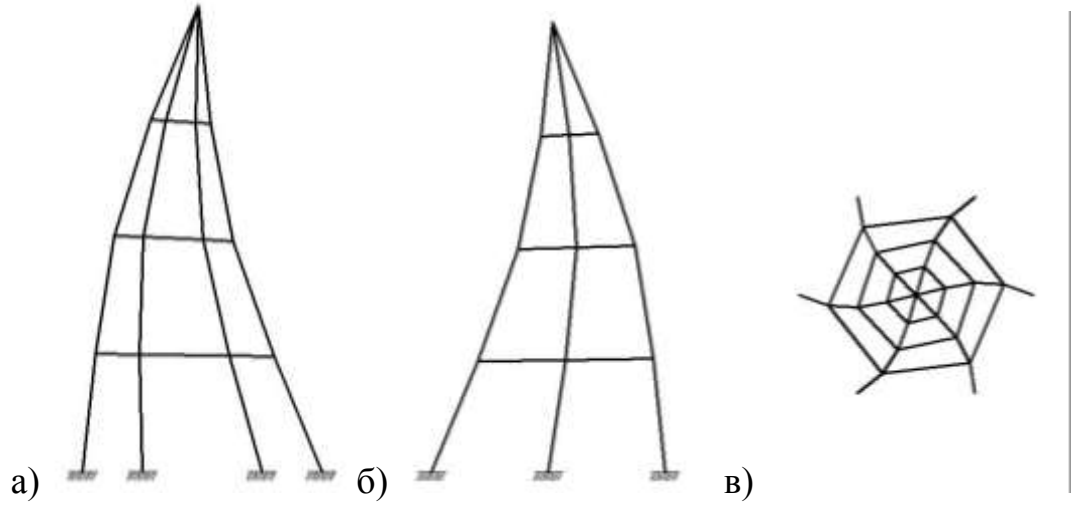


Рисунок 3. Формы колебаний циклически-симметричных рам пирамидального типа: а) форма колебаний в плоскости ZOX; б) форма колебаний в плоскости ZOY; в) Форма колебаний в плоскости XOY

Зависимость между количеством углов многоугольника и отношением высоты пирамиды к радиусу описанной окружности, при которой первая форма колебаний крутильная показана в таблице 2 (при двухэтажной схеме).

Таблица 2

Зависимость между количеством углов многоугольника и отношением высоты пирамиды к радиусу описанной окружности

Количество углов	6	8	10	12	14	16	18	20	22
tg ψ<	5,24	4,87	4,61	4,39	4,23	4,1	4	3,92	3,84

Следовательно, при стремлении формы яруса к окружности, диапазон угла ψ, при котором первая форма колебаний – колебания в плоскости XOY, уменьшается.

Основными формами колебаний в призматических циклических конструкциях являются колебания вдоль вертикальных плоскостей. В циклических конструкциях пирамидального типа в качестве первой формы колебаний могут быть и изгибные, и крутильные колебания, что должно быть учтено при обеспечении мер по их гашению.

Литература:

1. *Шеин А.И. Математическое моделирование механических систем на примере задачи гашения колебаний высотных сооружений [Электронный ресурс] // Моделирование и механика конструкций. 2015. №1. Системные требования: Adobe Acrobat Reader. URL: http://mechanics.pguas.ru/Plone/nomera-zhurnala/no1/matematicheskoe-modelirovanie-chislennye-metody-i-kompleksy-rogramm/matematicheskoe-modelirovanie-mehanicheskih-sistem-na-primere-zadachi-gasheniya-kolebanii-vysotnyh-sooruzhenii/at_download/file.*

2. *Шеин А.И., Бакушев С.В., Зайцев М.Б., Земцова О.Г. Гашение колебаний высотных сооружений: в 3-х ч. Ч.1. Современное состояние проблемы: монография. Пенза: ПГУАС, 2011. 235с.*
3. *Шеин А.И., Земцова О.Г. Схемы и теория гасителей пространственных колебаний сооружений // Региональная архитектура и строительство. 2010. №1. С. 45-52.*
4. *Шеин А.И., Земцова О.Г. Снижение уровня колебаний системы «упругое основание – высотное сооружение» с помощью нелинейного динамического гасителя // Региональная архитектура и строительство. 2011. №2. С. 83-90.*
5. *Шеин А. И., Земцова О. Г. Гашение колебаний высотных сооружений [Текст]: монография. Ч.2: Математическое моделирование объектов с гасителями при ветровой нагрузке / А.И. Шеин, О.Г. Земцова. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2012. 131 с.*

УДК 378.147.091.313:53:004

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИМИТАТОРОВ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В КУРСЕ ФИЗИКИ В ВУЗЕ

***Т.С. Шмарова**, ассистент кафедры физики и химии*

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Одной из важнейших задач современного образования в ВУЗе является формирование профессиональной компетентности будущих бакалавров. Согласно ФГОС ВО по многим направлениям подготовки в ПГУАС, выпускник, освоивший программу бакалавриата, должен обладать способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности. Обозначенное требования к подготовке студентов делает их конкурентоспособными на современном рынке труда [1].

Одним из возможных способов применения информационно-коммуникационных технологий при изучении физики является использование виртуального лабораторного практикума [2].

Кафедрой физики и химии разработаны с участием студентов имитаторы лабораторных работ, которые успешно применяются в лабораторном практикуме. Имитаторы разработаны по основным разделам курса физики, что создает единый комплекс виртуального лабораторного эксперимента (таблица 1). Кафедрой изданы методические указания, в которых описан порядок выполнения работы как на реальной установке, так и на компьютерном имитаторе.

Лаборатории кафедры «Физика и химия» оснащены компьютерами с установленными лабораторными имитаторами. На рисунке 1 представлен скриншот интерфейса виртуальной физической лаборатории.

Применение имитаторов решает вопрос недостатка оборудования в нужном количестве на группу студентов (подгруппу). Ограниченное число контактных часов делает необходимым фронтальное выполнение лабораторных работ, что невозможно при наличии только одного комплекта приборов [3]. Кроме того, виртуальный лабораторный эксперимент дает возможность изучать физические явления и процессы, наблюдение за которыми затруднено или невозможно, например, изучение теплового излучения. Возможно ускорить изучаемые процессы (в лабораторной работе «Определение изменения энтропии при плавлении олова») и подготовку к повторному эксперименту (Лабораторная работа «Изучение теплового излучения абсолютно черного тела»). Имитатор позволяет скомпенсировать несовершенство и недостатки конструкции реального лабораторного комплекса (Лабораторная работа «Получение и исследование поляризованного света, проверка закона Малюса»).

Таблица 1

Виртуальный лабораторный комплекс по физике

Раздел физики	Название лабораторной работы
Механика	Изучение равноускоренного движения на машине Атвуда. Изучение динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека. Изучение упругих и неупругих соударений шаров. Определение скорости пули при помощи крутильного маятника. Определение коэффициента трения качения с помощью наклонного маятника.
Электричество и магнетизм	Исследование электростатических полей. Измерение диэлектрической проницаемости материалов. Определение энергетических характеристик электрической цепи постоянного тока. Исследование разветвленных электрических цепей. Определение горизонтальной направляющей магнитного поля Земли. Исследование ферромагнитных материалов. Исследование явления электромагнитной индукции.
Волновая оптика и квантовая физика	Исследование качества полированной поверхности с помощью интерферометра Линника. Получение и исследование поляризованного света, проверка закона Малюса. Изучение теплового излучения абсолютно черного тела. Градуировка спектрометра и определение постоянной Ридберга. Исследование спектров пропускания и поглощения цветных тел.
Молекулярная физика и термодинамика	Определения универсальной газовой постоянной. Проверка первого начала термодинамики. Определение изменения энтропии при плавлении олова. Определение коэффициента теплопроводности воздуха методом нагретой нити. Определение коэффициента вязкости воздуха капиллярным методом

Следует обратить особое внимание на то, что виртуальный лабораторный практикум не заменит проведения полноценного лабораторного эксперимента. Поэтому лабораторные имитаторы выполняют роль тренажера при подготовке студента к работе с реальным оборудованием физической лаборатории, где студентам приходится иметь

дело со сложным оборудованием: источниками напряжения, осциллографами и многопредельными измерительными приборами.

Рисунок 1. Скриншот интерфейса виртуальной физической лаборатории

Рассмотрим некоторые методические особенности применения имитатора лабораторной работы «Градуировка спектрометра и определение постоянной Ридберга» при изучении темы «Атом водорода по Бору». Можно выделить четыре этапа в выполнении работы.

Первый этап заключается в том, что студент заранее обязательно готовит конспект лабораторной работы, пользуясь методическими указаниями и конспектами лекций, чертит таблицы, изучает методику экспериментального определения постоянной Ридберга как с применением приборов, так и с использованием компьютерного имитатора. В связи с этим разработанные кафедрой методические указания к лабораторным работам с применением имитаторов содержат не только теоретический материал, методику эксперимента, вывод расчетной формулы, описание реальной лабораторной установки и порядок выполнения работы на ней, но и порядок выполнения лабораторной работы на компьютерном имитаторе [4].

Второй этап – допуск к работе и выполнение ее на компьютерном имитаторе. Преподаватель проверяет знание теоретического материала по указанной теме: модель атома Резерфорда, постулаты Бора, спектральные серии, формулу Бальмера, особенности спектров испускания и поглощения. После проверки конспекта студент допускается к выполнению лабораторной работы на компьютерном имитаторе. Имитатор знакомит студента с устройством и правилами работы с физическим прибором - спектроскопом (рисунок 2). Пользуясь описанием хода работы на экране компьютера (рисунок 3), студент выполняет виртуальный лабораторный эксперимент, последовательно подключая лампу

накаливания, водородную и ртутную лампы и наблюдая изображения сплошного и линейчатого спектров соответственно в правой части экрана.

Рисунок 2. Описание лабораторного прибора в компьютерном имитаторе

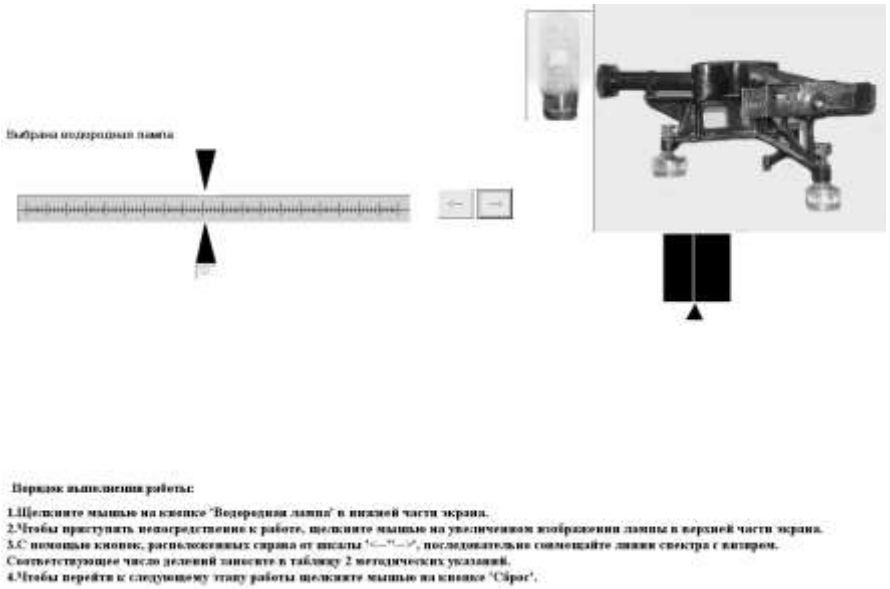


Рисунок 3. Скриншот интерфейса лабораторной работы «Градуировка спектрометра и определение постоянной Ридберга

Третий этап состоит в выполнении лабораторной работы на реальной установке и вычислении постоянной Ридберга. Порядок действий по выполнению работы с реальными приборами соответствует работе компьютерного имитатора. После студенты строят градуировочный график на миллиметровой бумаге и вручную производят расчеты с применением калькулятора, что способствует приобретению навыков вычислений.

На четвертом этапе студент сдает отчет о лабораторной работе, в котором демонстрирует знание теории, а также методики эксперимента.

Практика применения лабораторных имитаторов показывает, что студенты лучше подготовлены к выполнению работы с реальными приборами. У студентов вырабатываются навыки использования компьютерных технологий и работы с различными электронными ресурсами. Кроме того, применение информационно-коммуникационных технологий на учебных занятиях повышает интерес к физике.

Литература:

1. *Третьякова Н.Д. Самостоятельная работа студентов по физике. [Электронный ресурс] Режим доступа: https://nsportal.ru/npo-spo/estestvennye-nauki/library/2015/10/26/samostoyatelnaya-rabota-studentov-po-fizike-ot*
2. *Леонтьева Н.В. Применение ИКТ в натурном эксперименте лабораторного практикума по физике / Н.В. Леонтьева / Молодой ученый. — 2013. — №6. — с. 700-703.*
3. *Бортник Б.И., Стожко Н.Ю., Судакова Н.П., Язовцев И.А. Виртуальные лабораторные работы в ВУЗовском курсе физики / Б.И. Бортник, Н.Ю. Стожко, Н.П. Судакова, И.А. Язовцев / Современные проблемы науки и образования. – 2017. - №5. - [Электронный ресурс] Режим доступа: https://science-education.ru/ru/article/view?id=26766*
4. *Очкина Н.А., Шмарова Т.С., Сидякина З.А. Градуировка спектрометра и определение постоянной Ридберга: методические указания к лабораторной работе / Н.А. Очкина, Т.С. Шмарова, З.А. Сидякина. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 16 с.*

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ ***.....3***

ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НЕСУЩИХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КЕРАМЗИТОВОГО СКЛАДА ***.....4***
В.С. Абрашитов, Д.С. Сорокин, А.Е. Капустин

К ВОПРОСУ ОРЕБРЕНИЯ СЕКЦИЙ ЧУГУННОГО РАДИАТОРА ***.....6***
А.Г. Аверкин, Т.И. Королева, Ю.А. Аверкин, Н.Ю. Иващенко

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ НА ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ***10***
А.А. Власов, И.А. Пильгейкина

УТИЛИЗАЦИЯ СКОПА В ТЕХНОЛОГИИ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ***.....15***
П.В. Волков, В.А. Береговой

ФУНДАМЕНТЫ ВЫСОТНОГО ЗДАНИЯ В УСЛОВИЯХ СТЕСНЕННОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ***.....18***
В.С. Глухов, П.К. Гаврилов

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕВОБЕРЕЖНОЙ КАНАЛИЗАЦИОННОЙ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ Г. ПЕНЗЫ ***.....22***
Б.М. Гришин, О.В. Ирышкова

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВОДОПРОВОДА ПЛ. «ПОДГОРНАЯ» ***.....26***
Б.М. Гришин, Е.А. Антонова

АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ КИНЕТИКИ И ДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН С КОНДИЦИОНИРОВАННЫМ ВОЗДУХОМ ***.....30***
А.И. Еремкин, И.Н. Фильчакина

СВОЙСТВА ГЕОПОЛИМЕРНОГО БЕТОНА, АРМИРОВАННОГО ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ФИБРОЙ ***.....37***
Н.А. Ерошкина, С.М. Саденко, М.Ю. Чамурлиев

ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ БЕТОНЫ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ЗОЛЫ-УНОСА ***.....42***
М.О. Коровкин, А.В. Петухов, Н.А. Ерошкина

ВЛИЯНИЕ ИНЕРТНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА БЕТОНА ***.....45***
М.О. Коровкин, Д.М. Гринцов, Н.А. Ерошкина

ОБНАРУЖЕНИЕ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ПСИХОФИЗИЧЕСКОГО ШКАЛИРОВАНИЯ ***49***
О.А. Кувшинова, Э.В. Роганова, Н. Есимова, Е.Н. Мещерякова

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ 5-ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА С ЦЕЛЬЮ НАДСТРОЙКИ ОДНОГО ЭТАЖА ***54***
Н.Н. Ласьков, И.С. Гучкин, О.В. Болдырева

ПОВЫШЕНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РЕБРИСТОГО МОНОЛИТНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ***60***
Н.Н. Ласьков, И.С. Гучкин, О.В. Болдырева

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГИДРОБЛОКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ***64***
В.В. Лянденбурский, П.М. Экимов, С.П. Марущенко, И.И. Фахрутдинов

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ НА ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИТОВ ***68***
Н.И. Макридин, Ю.В. Полубарова, Е.Д. Коннов

О ХАРАКТЕРЕ ИЗМЕНЕНИЯ МОДУЛЯ ДЕФОРМАЦИИ КОНСТРУКЦИОННОГО КЕРАМЗИТОБЕТОНА ПРИ ОСЕВОМ СЖАТИИ .. ***72***
Н.И. Макридин, Ю.В. Полубарова, А.В. Языкеев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗАТОРОВ ЗАПАХА В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ***78***
О.А. Морункова

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КАМЕННОЙ ПОРОДЫ В КАЧЕСТВЕ ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНАХ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ ***83***
Р.Н. Москвин, В.С. Юрова

ПОВЫШЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ СТЕНОВЫХ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ ВЬЕТНАМА ***88***
Нгуен Тиен Нам

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ***94***
Н.Д. Пельменёва, А.А. Каретникова

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ СЕЗОННЫХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ ***97***
Ю.В. Родионов, К.А. Бурцев

ПРАВИЛА ОЦЕНКИ ИЗНОСА И РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РЕМОНТУ И РЕКОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОГО СООРУЖЕНИЯ ***101***
Н.И. Тарасеева, И.В. Калашникова, К.А. Кондратьев, О.В. Баулина

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ***.....106***
Т.И. Хаметов, М.Г. Шалимов

МЕТОДИКА ИЗУЧЕНИЯ СЦЕПЛЕНИЯ ФИБРЫ С ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫМ ВЫСОКОПРОЧНЫМ БЕТОНОМ..... ***110***
В.Л. Хвастунов, А.В. Хвастунов, К.Н. Махамбетова

ОСОБЕННОСТИ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЦИКЛИЧЕСКИ-СИММЕТРИЧНЫХ РАМНЫХ СИСТЕМ ***.....114***
А.И. Шеин, А.В. Чуманов

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИМИТАТОРОВ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ В КУРСЕ ФИЗИКИ В ВУЗЕ ***.....119***
Т.С. Шмарова

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ
В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
Часть 4 – Технические науки

Сборник докладов Национальной научно-практической конференции
28-29 марта 2019 г.

В авторской редакции
Ответственный за выпуск Е.А. Белякова
Верстка Е.А. Белякова

Подписано в печать 22.04.19. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 7,38. Уч.-изд. л. 7,94. Тираж 80 экз.
Заказ №233

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза ул. Г. Титова, 28.