

V НАЦИОНАЛЬНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

СЕКЦИЯ 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПЕНЗЕНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
АРХИТЕКТУРЫ И
СТРОИТЕЛЬСТВА

30-31 МАРТА 2022 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 V Национальной научно-практической конференции
30-31 марта 2022 г.

Секция 5 – Технические науки

Пенза 2022

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);

Артюшин Д.В. – директор инженерно-строительного института, к.т.н., доцент;

Ещина Е.В. – декан архитектурного факультета, к. архитектуры, 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 V Национальной научно-практической конференции. Секция 5 – Технические науки. Пенза/ [ред. кол.: А.Н. Сафьянов и др.]: ПГУАС, 2022. – 70 с.
ISBN 978–5–9282–1719–8

Статьи печатаются в авторской редакции.

В сборнике помещены материалы V Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства», которая проходила 30-31 марта 2022 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 строительномонтажных работ; транспортным и инженерным системам.

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

ISBN 978–5–9282–1719–8

© Пензенский государственный
университет архитектуры и
строительства, 2022

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 V Национальной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки и практики в различных отраслях народного хозяйства» (Пенза, 30-31 марта 2022 г.).

В работе конференции приняли участие ведущие ученые, аспиранты и студенты различных вузов России. Было представлено более 60 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 материалов конференции условно разделили статьи на секции по общности затрагиваемых в них проблем.

Порядок представления статей – по тематическим платформам, рассмотренным на конференции (сборникам), 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 V Национальной научно-практической конференции
«Актуальные проблемы науки и практики
в различных отраслях народного хозяйства»*

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕКОРАТИВНОГО БЕТОНА

К.А. Еличев, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация и автоматизация производства»

И.Н. Петровнина, канд. техн. наук, доцент кафедры «Механизация и автоматизация производства»

М.В. Михеев, студент группы 19СУ31

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Проводилось исследование заполнителей, используемых для производства декоративных бетонов. Так как плиты из этих бетонов планируется применять для устройства полов и площадок, испытывающих большие механические воздействия, заполнители должны обладать необходимыми свойствами. Проводились испытания щебня на сопротивление к удару на копре, определялась истираемость в полочном барабане и морозостойкость. Для песков, используемых в качестве заполнителей, определялись такие характеристики, как гранулометрический состав, модуль крупности, устойчивость стабилизированной смеси и др. По полученным результатам определены образцы заполнителей наиболее приемлемых для производства декоративных бетонов, идущих для устройства полов и площадок.

Ключевые слова: износостойкие материалы, декоративность, цементный камень, фракции, дробленный песок.

В строительстве отделочные работы составляют до 20÷25 % общего объема работ. Значительная часть отделки приходится на устройство полов и площадок. Особо важное место в строительной индустрии занимает покрытие полов новыми износостойкими материалами из декоративного бетона. Отбор горных пород производился из разрабатываемых месторождений карбонатных пород с высокими декоративными и физико-механическими свойствами. При этом учитывалось, что декоративность бетонных плит должна быть основной за счет применения соответствующих заполнителей, так как 70÷75 % открытой поверхности составляют их зерна. Цементный камень должен занимать 25÷30 % поверхности плит и цвет его является вспомогательным цветообразующим фактором в декоративных бетонных изделиях. Поэтому целью данной работы является отбор образцов заполнителей, оценка их свойств и определение наиболее приемлемых для изготовления бетонных плит.

Для различных изделий из декоративных бетонов используются заполнители из дробленых горных пород в виде щебня и песка, реже гравия.

В исследованиях были использованы преимущественно заполнители из карбонатных пород – мраморов, мраморовидных известняков, частично применен и дробленый гранит, известняк и туф [1-3].

Из отобранных декоративных горных пород после дробления (размельчения) и отсева в получены заполнители различных фракций [4, 5]. Учитывая особенности технологии производства бетонных плит из блоков с помощью резки и весьма жесткие условия эксплуатации плит в покрытиях полов и площадок с интенсивными физико-механическими воздействиями, были проведены испытания заполнителей в соответствии с ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ».

Сопротивление щебня к удару является важным показателем в бетонных покрытиях, где возможны случаи падения тяжелых предметов, грузов и т.д. Щебень фракций 20÷40 мм подвергался удару на копре с помощью свободно падающего груза весом 5 кг при высоте падения 50 см. Показатель сопротивления щебня к удару на копре (Y) вычислялся по формуле:

$$Y = \frac{25}{4-A}, \quad (1)$$

где A – показатель крупности пробы после испытаний (40 кратного удара груза), вычисляемого по формуле:

$$A = \frac{B_1+B_2+B_3+B_4}{B}, \quad (2)$$

где B_1, B_2, B_3, B_4 – полные остатки на ситах с отверстиями размерами 5, 3, 1 и 0,5 мм в г;

B – первоначальная масса пробы, г.

Сопротивление щебня к удару определялось как среднее арифметическое результатов двух проб.

Испытания щебня к удару на копре показали сравнительно низкие показатели коелгинского мрамора. Остальные породы показали высокую сопротивляемость ($Y = 75$), причем наибольший показатель ($Y = 125$) у салиэтского мраморовидного известняка. Поэтому указанные породы можно использовать как заполнители бетона для покрытия полов, площадок и т.д.

Поскольку в декоративных бетонных плитах содержится 73÷76% щебня, то износостойкость материала покрытия, в основном, зависит от истираемости заполнителя.

Износостойкость щебня в бетонных плитах, эксплуатирующихся в условиях интенсивного истирания, представляет собой важную характеристику материала. Износостойкость характеризует в некоторой степени долговечность материала покрытия.

Определение истираемости щебня в полочном барабане проводилось на материале фракций 10÷20 мм по двум пробам весом 5 кг каждая. Истираемость щебня определялась по потере массы зерен. Результаты

экспериментальных исследований по истираемости щебня горных пород приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытания щебня в полочном барабане

Наименование породы и ее месторождение	Истираемость, %	Фракция песка, прошедшая через сито 0,14 (после испытаний), % по массе
Лабрадорит головинский	8,9	4,7
Мрамор коелгинский	45,7	22,7
Мрамор бараканский	22,3	6,0
Мраморный известняк: лондоковский	8,2	4,2
салиэтский	5,6	2,8

Значительную истираемость коелгинского мрамора можно объяснить невысокими физико-механическими показателями исследуемой горной породы.

Морозостойкость декоративных бетонных плит, применяемых в наружных покрытиях, в большей степени зависит от морозостойкости применяемого щебня.

Испытанию подвергался мраморный щебень фракций 10÷20 мм по режиму 4 цикла в сутки. Цикл включает в себя замораживание пробы при температуре минус 16°С в течение 4 часов с последующей разморозкой при температуре 20÷25°С до полного оттаивания. Морозостойкость щебня испытывалась до 50 циклов. Потеря в весе после испытания коелгинского мраморного щебня составила 2,63% (против 5% по ГОСТ 8269.0-97), а остальных – до 2%. Наблюдалось пожелтение зерен коелгинского мраморного щебня. Испытания показали хорошую морозостойкость отобранных горных пород, что гарантирует применение их как заполнителя в бетонах для плит наружных покрытий.

В качестве мелкого заполнителя в декоративных бетонах были использованы дробленые пески, полученные измельчением отобранных карбонатных горных пород на лабораторной дробилке. Для изготовления декоративных блоков дробленый песок должен соответствовать определенным требованиям (ГОСТ 8736-2014 «Песок для строительных работ») и некоторым специфическим требованиям (максимальная межзерновая пустотность, абразивность и др.).

Песок для декоративных бетонов должен изготавливаться из плотных малоабразивных пород, иметь марку (по прочности) не менее 400, форма зерна песка должна быть близкой к кубической, количество зерен менее 0,14 мм должно быть до 0,5% по весу, в песке не должно быть посторонних примесей (особенно опасны металлические включения). Поскольку при резке бетонных блоков возможны интенсивный износ и поломка алмазного

инструмента, абразивность исходных пород для изготовления песка должна быть минимальной.

Определялись следующие характеристики дробленых песков: гранулометрический состав, модуль крупности, устойчивость стабилизированной смеси и др. Дробленный песок подвергался рассеву на стандартных ситах на фракции. Исследования показали, что в дробленном песке зерна менее 0,14 мм составляют от 10,3 до 19,5 %, пустотность смеси песка составляет 33 %. Такие результаты создают предпосылки для получения плотных бетонов. Для бетонных плит покрытий полов и площадок плотность бетона имеет решающее значение. Подобранный (искусственно) песок имеет малую межзерновую пустотность и гарантирует получение плотного бетона. Плотность бетона зависит не от зернового состава, а от других факторов, таких как, состава бетона, коэффициента уплотнения смеси, минералогического состава каждой фракции песка, формы зерен, структуры бетона, сцепления цементного камня с песком и др. Наименьший расход цемента требуется для бетонов на средних песках, т.е. песках средней фракции. Именно, на таких песках и готовились исследуемые составы бетонов.

Декоративный бетон, получаемый методом формования массивных блоков с последующим распилом последних, обязан удовлетворять следующим требованиям:

– должен изготавливаться из цветных заполнителей – щебня плотных горных пород и песка разнообразного цвета с применением цветных цементов, крупный заполнитель должен занимать в бетоне наибольший объем;

– цвет цементного камня, занимающего на поверхности плит наименьшую площадь, должен быть дополняющим к общему фону плит и гармонирующим с цветом заполнителя, поверхность плит при распиле должна быть гладкой.

По физико-механическим свойствам плиты должны удовлетворять следующим требованиям:

- для внутренних покрытий – не менее 200 кг/см²;
- для наружных покрытий – не менее 250 кг/см²;
- предел прочности при изгибе – не менее 25 кг/см²;
- истираемость – не более 3,5 г/см²;
- ударная вязкость – не менее 6 кг·см/см²;
- водопоглощение – не более 6 %;
- водонепроницаемость для наружных покрытий – не менее 6 атм;
- морозостойкость – не менее – 50 циклов.

Методика подбора состава декоративного тяжелого бетона отличается от обычного следующими особенностями:

1. Повышенная плотность обеспечивается за счет компактной

упаковки зерен заполнителя в бетоне.

2. Декоративность обеспечивается применением цветных цементов и заполнителей различной гаммы цветов.

3. Монолитность структуры бетона до и после распиловки.

4. Способность поддаваться шлифованию и полированию после распиловки.

5. Устойчивость цветового фона после обработки.

6. Морозостойкость и долговечность декоративных бетонных изделий.

7. Декоративные бетоны могут быть приготовлены на тяжелых и легких заполнителях.

Количественный расчет состава бетона производился по известной методике [6], сущность которой заключается в том, что состав 1 м³ бетона с включением кусков камня определялся по формуле:

$$V_{ц} + V_{п} + V_{щ} + B_0 + V_{к} = 1000, \quad (3)$$

где $V_{ц}$ – абсолютный объем цемента,

$V_{п}$ и $V_{щ}$ – объемы зерен песка и щебня,

$V_{к}$ – объем введенного в бетон камня,

B_0 – расход воды без учета количества поглощенной воды.

В случае применения пористых заполнителей необходимое количество воды для затворения легкобетонной смеси определяется с учетом водопоглощения заполнителя и вводимого пористого камня. При этом водопоглощение пористого песка принимается равным 100%, щебня – 80%, а пористого камня 60% от водопоглощения исходной породы в бетоне.

Водопотребность легкобетонной смеси можно определить по формуле общего водоцементного отношения:

$$B = B_T + \frac{B_{пор}}{G_{п} + G_{щ}}, \quad (4)$$

где B – водопотребность легкобетонной смеси на пористых заполнителях;

B_T – водопотребность цементного теста;

$B_{пор}$ – количество воды, поглощенной парами заполнителя;

$G_{п}$, $G_{щ}$ – вес пористого песка и щебня.

В случае нулевой пористости заполнителей выражение примет вид:

$$B = B_T + \frac{B_0}{G_{п} + G_{щ}}, \quad (5)$$

где B_0 – количество воды, адсорбированной на поверхности плотных заполнителей, которая обычно учитывается при подборе состава тяжелых бетонов порядка 10–15 л на 1 м³ бетонной смеси.

При использовании пористых заполнителей для практических расчетов количество воды, идущей на приготовление цементного теста и на адсорбирование поверхности заполнителей ($B_T = B_0$), ориентировочно можно принять от 180 до 200 л. К ней нужно добавить поглощенную воду ($B_{пор}$), количество которой определяют по формуле:

$$V_{\text{пог}} = \frac{W_{\text{и}} \cdot G_{\text{п}} + \Pi \cdot W_{\text{и}} \cdot G_{\text{щ}}}{100}, \quad (6)$$

где $W_{\text{и}}$ – водопоглощение исходной породы заполнителей;
 Π – степень водопоглощения пористого камня в бетоне.

Фактура декоративного бетона на природных заполнителях в значительной степени зависит от коэффициента раздвижки зерен заполнителя (K). При $K = 1$ получается контактное состояние зерен щебня в бетоне, при котором тон цвета будет диктоваться цветом щебня, а при $K > 1$ – растворной частью. Отсюда вытекает необходимость правильного выбора цвета вяжущего помимо цвета заполнителя.

Для получения бетонных плит с хорошими декоративными свойствами щебень подвергался самоокатыванию во вращающемся барабане в течение 30 мин. Применение окатанного щебня способствует получению бетонных плит с лучшими декоративными свойствами. Образцы плит, полученные на основе окатанного щебня, имеют красивый внешний вид и отличаются высокими физико-механическими свойствами.

Плиты для наружных покрытий должны быть достаточно морозостойкими. Для повышения морозостойкости в бетонную смесь вводились пластифицирующие добавки: сульфитно-спиртовая барда, абистат натрия, а для повышения пластичности бетона в смесь вводили хлористый кальций.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Из отобранных заполнителей – мраморов, мраморовидных известняков, дробленого гранита, известняка и туфа наиболее приемлемым, исходя из требований по сопротивляемости к удару, является салилэтский мраморовидный известняк. Остальные образцы также имели хорошие показатели. По этому показателю их можно рекомендовать в качестве заполнителей при производстве плит для покрытия полов и площадок.

2. Низкую истираемость показали практически все образцы за исключением коелгинского мрамора. Поэтому его можно рекомендовать только для изготовления облицовочных плит.

3. Морозостойкость у всех образцов в пределах нормы.

4. Выработаны рекомендации по применению песков различных фракций для изготовления бетонов с разными свойствами.

5. Представлена методика расчета необходимого количества воды для изготовления различных бетонов

Список литературы

1. Щипцов В.В. *Природные строительные материалы Республики Карелия // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных материалов.* - Петрозаводск, 2005. - С. 198-201.

V Национальная научно-практическая конференция «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА»

2. Вилкул Ю.Г., Азарян А.А., Азарян В.А., Трачук А.А. Проблемы переработки минерального сырья техногенных месторождений Украины // *Горная промышленность (спец. выпуск)*. - М., 2011. - С. 13-15.
3. Bespalov V., Gurova O., Paramonova O., Samarskaya N., Lysova E., Yudina N., MAT. *Web of Conf.*, 73 (2016) <https://doi.org/10.1051/mateconf/20167303008>.
4. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. *Строительные материалы из отходов промышленности*. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. - 368 с.
5. Sensogut C., Ozdeniz A.H. *Bricks manufactured from colliery wastes: a case study // International Journal of Mining, Reclamation and Environment*. - 2006. - Vol. 20, Iss. 4. - P. 267-271.
6. *Методическое пособие. Рекомендации по подбору составов бетонных смесей для тяжелых и мелкозернистых смесей*. – Москва, 2016 – 73 с.

УДК 698

АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ЗОНЕ ОТКРЫТОГО ЗОНТА НАД ПОДСВЕЧНИКОМ В ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМАХ

А.И. Еремкин, профессор, д-р техн. наук, заведующий кафедрой
теплогасоснабжения и вентиляции

А.Г. Аверкин, профессор, д-р техн. наук, профессор кафедры
теплогасоснабжения и вентиляции

А.А. Мишин, студент

А.В. Мочалов, студент

**Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, Пенза**

И.К. Пономарева, доцент, канд. экон. наук, доцент кафедры
информационного обеспечения управления и производства

Пензенский государственный университет, Пенза

Актуальность предлагаемых исследований обусловлена реализацией в России Указа Президента РФ № 745 от 30.12.2021 г. «О проведении в РФ Года культурного наследия народов России». В данной публикации приведены формулы различных авторов для расчета скоростных и температурных полей в свободном пространстве открытого вытяжного зонта над различными нагретыми поверхностями в промышленных зданиях. Вместе с тем недостаточно теоретических и экспериментальных исследований по изучению аэродинамических характеристик воздушного потока в зоне всасывания открытого зонта, расположенного над открытым пламенем горящих церковных свечей в залах богослужения православных сооружений. Данные исследования аэродинамических характеристик направлены на разработку технических и конструктивных решений по применению вытяжных зонтов и систем местной вытяжной вентиляции для улавливания и удаления вредных веществ, выделяющихся при сгорании церковных свечей в залах богослужения. Локализация вредных веществ: копоти, сажи влаги, углекислого газа и др. позволит сохранить историко-культурное наследие находящегося в залах богослужения православных соборов, храмов и церквей.

Ключевые слова: температура и скорость воздуха, открытый вытяжной зонт, церковная свеча, копоть, сажа, подсвечник, зал богослужения.

Исследование аэродинамических характеристик направлены на установление закономерностей скоростных и температурных полей всасывающего потока в зоне свободного пространства открытого вытяжного зонта над подсвечником. В следствии этого разрабатываются технические и конструктивные решения по применению вытяжных зонтов для улавливания и удаления вредных веществ, выделяющихся при сгорании церковных свечей в залах богослужения православных храмов. Актуальность данных исследований в первую очередь подтверждается тем, что при сгорании свечей в период богослужения выделяется значительное

количество копоти и сажи, а также углекислого газа и тепловлаговывделений, которые переносятся воздушными потоками внутри зала и абсорбируются на поверхностях архитектурных элементов, икон, живописи, золочения и других элементах убранства, нанося им непоправимый ущерб. Подобная ситуация складывается даже при наличии организованного воздухообмена с помощью систем вентиляции и кондиционирования воздуха. Подтверждением этого служат результаты обследования многих церквей, храмов и соборов в Пензенском регионе, которые показали, что историко-культурные ценности, размещенные в залах богослужения, имеют неприглядный внешний вид за счет наличия на поверхностях смолянистого слоя копоти и сажи.

В связи с этим в процессе эксплуатации культовых сооружений проводятся реставрационные работы для придания первоначального состояния убранству зала богослужения, затрачивая при этом значительные финансовые средства.

Для решения актуальной проблемы авторами публикации проведен анализ существующих исследований авторов в области аэродинамических характеристик воздушных потоков в зоне всасывания вытяжных зонтов, а также технических и конструктивных решений по размещению зонтов над источниками, таких как Богословского В.Н., Дячека П.И., Каменева П.Н., Килина П.И., Коньшева И.И., Пухкала В.А., Сотникова А.Г., Староверова И.Г., Столера В.Д., Талиева В.Н., Шепелева И.А. и др.

В области технических и конструктивных решений имеется ряд рекомендаций по применению вытяжных зонтов для удаления различных вредностей от нагретых источников. Существующие рекомендации авторами статьи предлагается использовать для решения поставленных задач по улавливанию и удалению вредностей, образующихся при сгорании церковных свечей. Наиболее рациональными являются вытяжные зонты с углом раскрытия 60° , что способствует созданию равномерной скорости всасывания воздушного потока в сечении входного отверстия зонта. Установлено, что при таком угле раскрытия скорость воздуха в центре сечения на 5-8% выше средней скорости, что подтверждено экспериментальными исследованиями. Это обеспечивает равномерное всасывание загрязненного воздушного потока, образованного в зоне сгорания церковных свечей. На основе натурных исследований в храме предлагается устанавливать зонты на расстоянии 1600-1800 мм от нижней кромки зонта до пола при высоте подсвечника 1300 мм. При этом прихожане не будут испытывать неудобства во время постановки церковных свечей на столешню подсвечника. Предлагаемый конструктивный подход создает свободное пространство между нижней кромкой зонта и поверхностью столешни с горящими свечами, равное 300-500 мм. Проведенные экспериментальные исследования профиля скоростей в поперечном сечении конвективного потока от горящих свечей

подтвердили высокую эффективность зонта при данном свободном пространстве.

Известно, что для снижения сопротивления и обеспечения равномерной скорости конвективного потока на входе всасывающего отверстия по периметру нижней кромки зонта предусматривается вертикальный бортик высотой 50-100 мм.

Установлено, что в свободном пространстве между нижней кромкой зонта и источником горения свечей происходит отклонение от вертикального направления восходящего конвективного потока за счет боковых скоростных воздушных потоков в помещении. Экспериментально доказана эффективность работы зонта при улавливании и удалении нагретых вредностей при сгорании свечей за счет образования вертикального конвективного потока со скоростью подъема в центре входного отверстия зонта 0,5 м/с. Следовательно, зонты целесообразно применять в залах богослужения для улавливания и удаления нагретых паров и газов, образующих вертикальные нагретые конвективные потоки с высокой скоростью подъема, обеспечивающие устойчивость к боковым потокам воздуха в помещении в зоне установки зонтов.

Приемное отверстие зонта необходимо располагать непосредственно над подсвечником с горящими свечами, и его форма должна соответствовать конфигурации источника. Размер приемного отверстия принимается больше, чем источник. При круглой форме отверстие должно быть больше на $0,8 d_{\text{экв}}$, а при прямоугольной форме – на $0,8 l$ (размер стороны). Зонты имеют форму усеченного конуса или пирамиды и бывают с естественно или механической вытяжкой. Для них характерно наличие свободного пространства между источником и приемным отверстием. Воздух (сток) помещения свободно подтекает к восходящему потоку и удаляется вместе с загрязнениями из помещения. Причиной образования восходящего потока в открытом пространстве является разность между атмосферным давлением в помещении и разрежением воздуха, создаваемое вентилятором внутри вытяжного зонта и в плоскости всасывающего отверстия, а также в результате разности плоскостей внутреннего и нагретого воздуха в зоне всасывания за счет теплоты от сгорания церковных свечей.

В литературных источниках имеются сведения результатов исследований аэродинамических характеристик воздушного стока в зоне всасывания открытого зонта, расположенного над нагретой поверхностью. Для недопущения выбивания из-под вытяжного зонта загрязнений в помещение с помощью вентилятора создается искусственное разрежение. При этом в условиях с естественной вытяжкой минимальны отсос из-под зонта L_3 м³/ч, предлагается определять по формуле 1:

$$L_3 = 3600 \mu A_3 \sqrt{2gh \left(\frac{\rho_1}{\rho_2} - 1 \right)} \quad (1)$$

или по формуле 2:

$$L_3 = 3600 \mu A_3 \sqrt{2gh \left(\frac{t_1}{t_2} - 1 \right)} \quad (2)$$

где ρ_1, ρ_2 (кг/м³), t_1, t_2 (°C) – соответственно плотности и температура воздуха внутри зонта и в помещении;

μ – коэффициент расхода – 0,75;

h – высота свободного пространства, м;

A_3 – площадь входного сечения зонта, м².

Аэродинамические характеристики воздушного стока в зоне всасывания зонта зависят от количества конвективной теплоты Q_k ккал/ч, выделяемого от источника, находящегося под зонтом. Величину Q_k можно определить по формуле 3:

$$L_3 = \frac{Q_k}{C(t_2 - t_1)} \quad (3)$$

где C – объемная теплоемкость воздуха при постоянном давлении составляет 0,31 ккал/(м³ °C) или 1,3 кДж/(кг °C).

Если известна величина Q_k , тогда минимальный отсос загрязненного воздуха можно определить по формуле 4:

$$L_3 = 120(140) \sqrt{h Q_k A_3^2} \quad (4)$$

В зоне всасывания зонтом наряду с выделением теплоты выделяются различные газы и пары. В зале богослужения при сгорании свечей выделяется кроме СО₂ копоть и сажа.

Известно, что в результате разности потенциала концентрации вредных веществ в зоне выделения и в помещении возможен прорыв вредных веществ из-под зонта за счет диффузии в помещении.

Скорость диффузии $V_{диф}$, м/с приближенно можно определить по формуле 5:

$$V_{диф} = \frac{0,1237 t_2^n}{10^8 \sigma \sqrt{M_a}} \quad (5)$$

где n – показатель степени для Н₂О, СО₂, и Н₂ равен 1,75, для других газов – 2;

σ – толщина стенки зонта, м;

M_a – молекулярный вес диффузионного газа.

Для устранения возможности выбивания вредных веществ из-под зонта необходимо снижение давления воздуха внутри зонта в зоне нижней кромки проема на величину P_a , кг/м², формула 6:

$$P_a = \rho_2 \frac{V_{дуф}^2}{2} k \quad (6)$$

где k – коэффициент запаса равным 1,15.

Аэродинамические исследования скоростных полей, проводимые на лабораторном стенде, позволили сделать вывод, что зонт над источником теплоты при сгорании свечей рекомендуется устанавливать на высоте свободного пространства от 300 до 400 мм в зоне устойчивого конвективного потока. При этом осевая скорость V_0 , м/с на уровне кромки всасывающего отверстия зонта должна быть не ниже 0,4 м/с.

Количество подтекаемого воздуха (стока) к зонту L_k , м³/ч с конвективной струей над тепловым источником предлагается определять по формуле 7:

$$L_k = 67 \sqrt[3]{Q_k h A_{ист}^2} \quad (7)$$

где Q_k – количество конвективной теплоты, выделяемого нагретым источником, ккал/ч;

$A_{ист}$ – площадь источника тепловыделения, м².

Значение Q_k , ккал/ч, наряду с формулой 3 можно рассчитать по формуле 8:

$$Q_k = \alpha_k A_{ист} (t_n - t_в) \quad (8)$$

где t_n , $t_в$ – соответственно температура нагретой поверхности и воздуха в помещении, °С;

α_k – коэффициент конвективного теплообмена ккал/(ч м² °С), для стандартного воздуха рассчитывается по формуле 9:

$$\alpha_k = 1,3 \sqrt[3]{t_1 - t_2} \quad (9)$$

Наряду с формулами 1, 2, 3, 4 расход воздуха, удаляемого вытяжным зонтом при известных значениях $A_з$, $A_{ист}$, L_k можно рассчитать по формуле 10:

$$L_з = L_k \frac{A_з}{A_{ист}} \quad (10)$$

где $A_з$ – площадь сечения зонта, м², при h менее $2,8\sqrt{A_з}$ применяется $A_з = 1,5 A_{ист}$.

Объем расхода воздуха L_k , м³/ч в тепловой струе, можно определить по формуле 11:

$$L_k = 4,04 * 10^{-2} \sqrt[3]{Q_k * A_{ист} h} \quad (11)$$

или по формуле 12:

$$L_k = 0,65 \sqrt[3]{Q_k * A_{ист} h} \quad (12)$$

где Q_k – количество конвективной теплоты, Вт.

Для обеспечения равномерного распределения скорости воздуха во входном сечении зонта необходимо соблюдать определенные конструктивные и установочные размеры и размерные соотношения зонта. В зависимости от угла раскрытия зонта нарушается равномерность распределения скорости в его входном сечении, при этом скорость V_x , м/с в отдельных точках входного сечения зонта может значительно отличаться от средней скорости V_{cp} , м/с в сечении. Например, при $\alpha=60^\circ$ отношение $V_x/V_{cp}=1$, а при $\alpha=90^\circ$ - $V_x/V_{cp}=1,65$. Во втором случае имеет место существенное отклонение скорости V_x от V_{cp} и в результате необходимо отсасывать зонтом большой объем воздуха для удаления вредностей.

Значение V_x и V_{cp} допустимо определять экспериментальным путем или рассчитывать по формуле 13:

$$V_x = \frac{L_3}{4\pi r_x^2} \quad (13)$$

где L_3 – секундный расход воздуха в приемном отверстии зонта, м³/с;

r_x – расстояние между произвольной точкой и центром входного отверстия вытяжного зонта;

$4\pi r_x^2$ – поверхность сферы радиусом r , м².

Из формулы 11 при известных значениях можно определить секундный расход L_x , м³/с и скорость воздуха V_x , м/с в любой точке от центра входного отверстия зонта в зоне всасывающего потока по формулам 14 и 15:

$$L_x = \frac{\pi r_x^2}{4} V_x \quad (14)$$

$$V_x = \frac{L_x}{4\pi r_x^2} \quad (15)$$

Анализ перечисленных аэродинамических характеристик воздушного стока в зоне всасывания открытого зонта и конструктивных размеров и размерных соотношений зонта позволяет сделать следующие выводы. Приведенные для расчетов значения L_k , Q_k , V_{oc} , V_x , L_x , L_3 , h , $V_{диф}$ не имеют достаточных экспериментальных и теоретических подтверждений и практическая их реализация применительно к поставленным задачам может быть затруднена. Поэтому актуальными остаются исследования, направленные на разработку и научное обоснование альтернативных решений по применению вытяжных зонтов для улавливания и удаления вредностей, образующихся в процессе сгорания церковных свечей в православных храмах.

Список литературы

1. Сотников А.Г., Боровицкий А.Г. Систематизация и обобщение характеристик местных вытяжных устройств – основа инженерной методики проектирования эффективных СПВ // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 6(32). С. 54-59.

2. Столер В. Д., Савельев Ю. Л., Иванов Ю. А., Шегал В. Л. Эффективные устройства местной вентиляции на промышленных объектах. СПб.: Издательство «Лань», 2017. - 252 с.
3. Пухкал В.А., Панков В.Б. Влияние схемы организации воздухообмена в помещении на эффективность вытяжного зонта // Инженерный вестник Дона. 2020. № 7. С. 54-59.
4. Килин П.И., Рогова Т.Н. Исследования закономерностей диффузионного распространения вредных примесей // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 1996. - № 11. - С. 78-82.
5. Староверов И.Г. Вентиляция и кондиционирование воздуха. Справочник проектировщика. - М.: Стройиздат, 1977 - 502с.
6. Богословский В.Н., Новожилов В.И., Симаков Б.Д., Титов В.Н. Отопление и вентиляция. Часть II. - М.: Стройиздат, 1976 - 439с.
7. Талиев В.Н. Аэродинамика вентиляции. - М.: Стройиздат, 1979 - 295с.
8. Коньшев И.И., Чесноков А.Г., Щадрова С.Н. Расчет некоторых пространственных всасывающих факелов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 1976. - №4. - С. 103-116.
9. Шепелев И.А. Воздушные потоки вблизи всасывающих отверстий // Труды НИИсантехники. 1967. - №4. – С.34-48.
10. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. - М.: Стройиздат, 1978 - 144с.
11. Еремкин А.И., Петрова К.А., Багдасарян А.Г., Пономарева И.К. Пути повышения качества микроклимата в зале богослужения спасского кафедрального собора г. Пензы // Региональная архитектура и строительство. - 2020. - № 4 (45). - С. 121-130.
12. Еремкин А.И., Пономарева И.К. Методика расчета воздухообмена системы кондиционирования воздуха вытесняющего типа в залах богослужения православных соборов // Региональная архитектура и строительство. - 2020. - № 3 (44). - С. 161-168.
13. Еремкин А.И., Пономарева И.К. Методика расчета воздухообмена системы кондиционирования воздуха вытесняющего типа в залах богослужения православных соборов // Региональная архитектура и строительство. - 2020. - № 3 (44). - С. 161-168.
14. Еремкин А.И., Аверкин А.Г., Леонтьев В.А., Петрова К.А., Пономарева И.К. Теоретические основы и рекомендации по созданию местной вытяжной вентиляции продуктов сгорания свечей в зале богослужения // Региональная архитектура и строительство. - 2021. - № 1 (46). - С. 195-202.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСОЛЬНЫХ ОПОР РИГЕЛЕЙ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСОВ, АРМИРОВАННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ ФИБРОЙ

В.А. Комаров, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры строительных конструкций

Д.В. Еркин, аспирант кафедры строительных конструкций

***Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, Пенза***

Приводятся результаты экспериментальных исследований прочности консольных опор ригелей многоэтажных сборных каркасов, армированных стеклопластиковой фиброй.

Ключевые слова: консольная опора ригеля, стеклопластиковая фибра, схемы разрушения.

Ригели с консольными опорами (подрезками) являются типовыми конструкциями сборных многоэтажных каркасов серий 1.020-1, ИИ-04.

В действующей нормативной литературе СП 63.13330.2018 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» не приводится каких-либо рекомендаций по проектированию и расчету конструкций с подрезками.

Узлы сопряжения ригелей с колоннами в несущей системе зданий обеспечивают совместную работу несущих элементов, обеспечивая безопасность здания в целом. Проведенные ранее экспериментально-теоретические исследования позволяют считать, что прочность узлового соединения ригеля следует определять на основе схемы разрушения опорной консоли ригеля, наиболее точно описывающей характер физической работы узлов, которая представляет собой разрушение наклонной сжатой полосы бетона.

Известно, что традиционный бетон и железобетон обладают таким недостатком как низкая трещиностойкость. Понятие трещиностойкости, вязкости разрушения, определяется способностью материала сопротивляться образованию и развитию трещин. Очевидно, что введение в состав бетона фибры способствует увеличению трещиностойкости и, как следствие, композиционный материал – бетон, армированный фиброй (фибробетон) – приобретает улучшенные эксплуатационные показатели качества и при этом не требует значительного повышения трудовых, энергетических и материальных ресурсов на свое производство и эксплуатацию.

Экспериментальные исследования о влиянии дисперсного армирования бетона (фибробетона) на прочность коротких консолей ригелей не проводились.

В данной статье приводятся экспериментальные исследования натуральных образцов консольных опор ригелей.

Опытные образцы изготавливались без полок для опирания плит и имели размеры: высота консоли – 300 мм, вылет консоли – 150 мм, высота ригеля – 450 мм, ширина – 200 мм.

В программу испытаний включены опытные образцы из обычного бетона (нулевой образец) и образцы, армированные стеклопластиковой фиброй, с соотношением фибры к общему объему бетона (в расчете на 1 м³ в кг) 1,5% и 2,5%.

Схема приложения нагрузки и конструктивные решения показаны на рисунке 1.

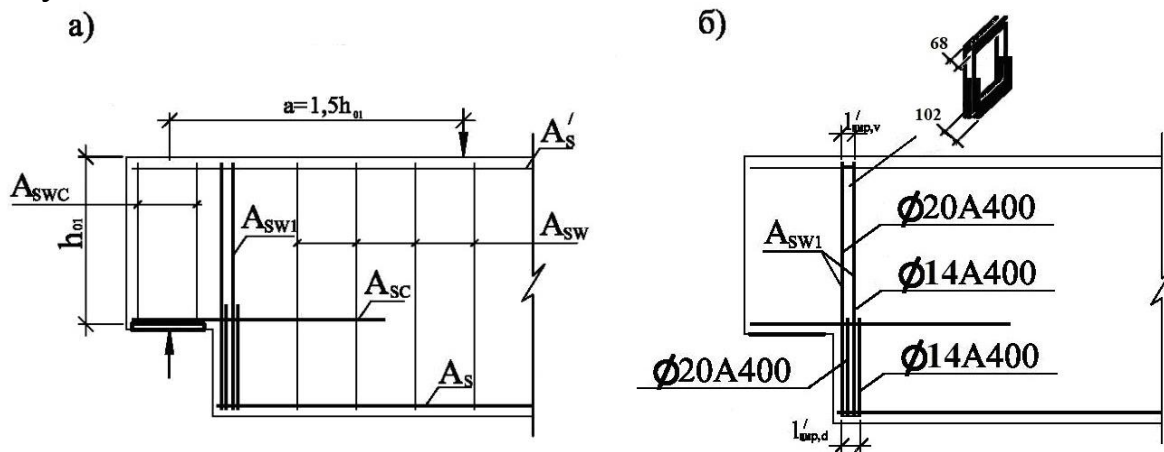


Рисунок 1 – Схема приложения нагрузки и конструктивное решение опытных образцов: а – образцы марок БФ1-1–БФ1-3; б – конструктивное решение A_{sw1}

В испытываемых образцах замкнутые сосредоточенные хомуты, устанавливаемые за подрезкой, принимались $2\varnothing 20 A400 + 2\varnothing 14 A400$ на всю высоту ригеля, по высоте подрезки устанавливались \square – образные хомуты $\varnothing 20 A400 + \varnothing 14 A400$. Длина условных опорных площадок: верхней – $l'_{sup,v} = 68$ мм, нижней – $l'_{sup,d} = 102$ мм. Пролет среза принимался $a = 1,5h_{01}$, марки образцов БФ1-1, БФ1-2, БФ1-3. Образец БФ1-1 из обычного бетона (нулевой образец), БФ1-2 – насыщение фибры 1,5%, БФ1-3 – насыщение фибры – 2,5%.

Для всех образцов продольная арматура консольной опоры принималась $2\varnothing 20 A400$, поперечная арматура – $2\varnothing 8 A400$ с шагом 150 мм. Фактический класс бетона в образцах составил: БФ1-1 – В15,7; бетонной матрицы, армированной фиброй БФ1-2 – В18,9; БФ1-3 – В22,6.

Испытания образцов проводились на лабораторном комплексе для автоматизированных испытаний элементов строительных конструкций с

возможностью контроля момента образования трещин методом импульсно нагрузки (рисунок 2).



Рисунок 2 – Установка для проведения испытаний

Нагружение производилось поэтапно нагрузкой, составляющей 10% от предполагаемой разрушающей нагрузки. Во всех испытаниях измерялись прогибы индикаторами часового типа ИЧ-10 с точностью 0,01 мм. Проводилось тщательное визуальное наблюдение за появлением и развитием трещин. Ширина раскрытия трещин в бетоне измерялась оптическим прибором – трубкой Бринелля с точностью 0,1 мм.

Характер образования трещин консольных опор показан на рисунке 3, схемы разрушения – на рисунке 4.

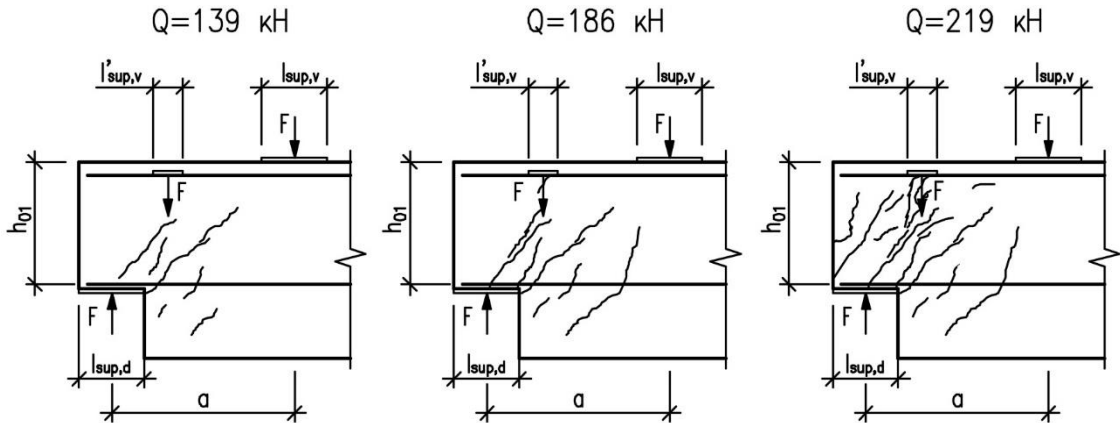
В консольных опорах ригелей образование, развитие трещин, схемы разрушения определяются прочностью бетона и бетонной матрицы, насыщенной фиброй. Схемы разрушения образцов – по сжатой полосе между опорными и «условными», физическими грузовыми площадками.

В образце БФ1-1 (нулевой образец) формирование сжатой полосы происходит в направлении центра тяжести верхней «условной» опорной площадки с образованием серии прерывистых наклонных трещин, расположенных друг за другом вдоль сосредоточенного хомута по высоте консоли. Схема разрушения сжатой бетонной полосы – от совместного действия сжатия и среза.

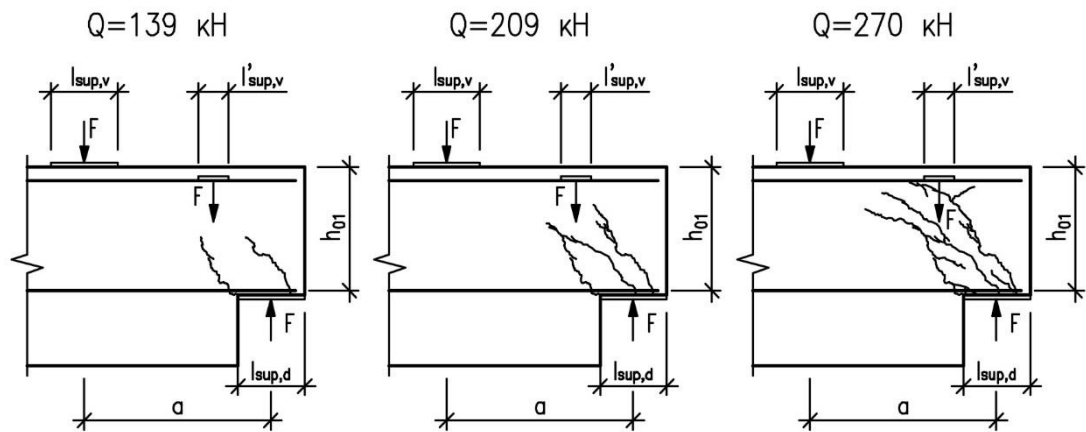
В образце БФ1-2 (бетонная матрица с насыщением фибры 1,5%) формирование сжатой полосы происходит в направлении «условной» опорной площадки (подобно образцу БФ1-1). Схема разрушения – от

действия сжатия с выделением граничных, широко раскрытых магистральных трещин.

а)



б)



в)

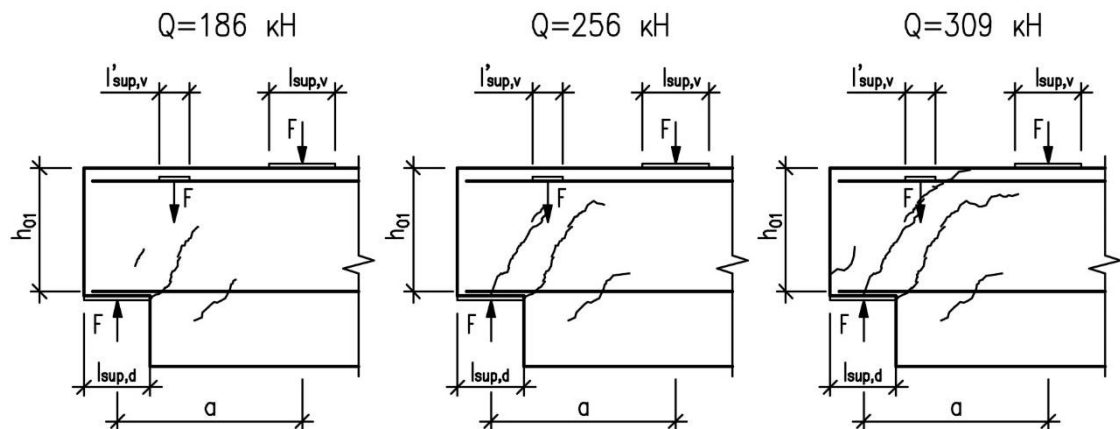


Рисунок 3 – Образование и развитие трещин: а – БФ1-1; б – БФ1-2; в – БФ1-3

В образце БФ1-3 (бетонная матрица с насыщением фибры 2,5%) формирование сжатой бетонной полосы происходит в направлении физической грузовой опоры. Схема разрушения – от действия сжатия при незначительном раскрытии трещин с раздавливанием бетона внутри сжатой полосы.

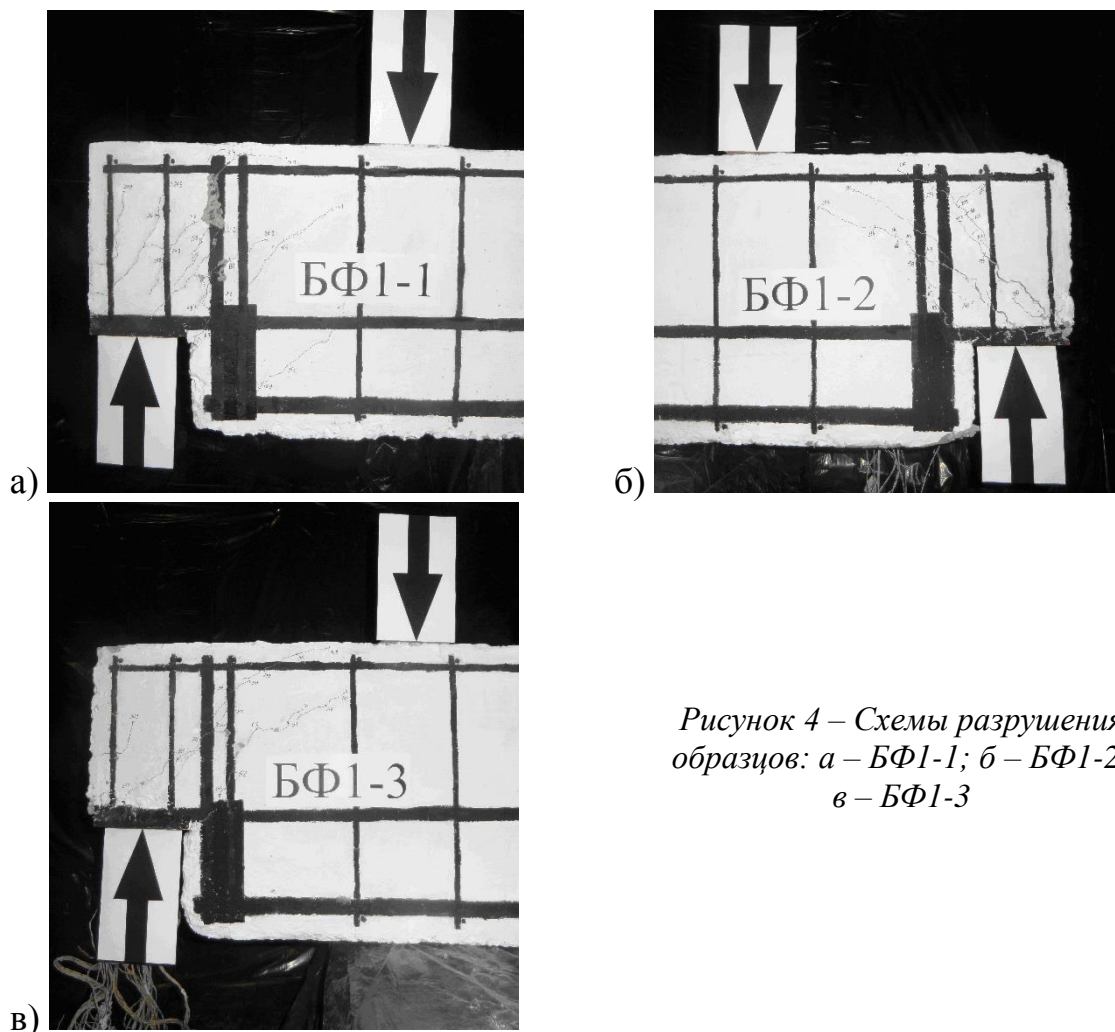


Рисунок 4 – Схемы разрушения образцов: а – БФ1-1; б – БФ1-2; в – БФ1-3

В порядке обобщения полученных результатов можно сделать вывод. Введение стеклопластиковой фибры диаметром 15 мкм и длиной 12-18 мм повышает момент образования трещин сжатых бетонных полос: при насыщении 1,5% – в 1,2 раза, 2,5% – в 1,4 раза. Прочность повышается в 1,2 и 1,4 раза соответственно, изменяется схема разрушения сжатых бетонных полос от совместного разрушения сжатия и среза (нулевой образец) до разрушения от сжатия.

Список литературы

1. Баранова, Т.И. Расчетные модели сопротивления срезу сжатых зон железобетонных конструкций / Т.И. Баранова. – Саратов: СГТУ, 2006. – 159с.
2. Баранова, Т.И., Комаров В.А., Егинов Э.В. Аналоговые каркасно-стержневые модели сопротивления несущих элементов каркасов многоэтажных зданий. – М.: Издательство "Спутник+", 2011. – 182с
3. Бондаренко, В.М. Расчетные модели силового сопротивления железобетона: монография / В.М. Бондаренко, В.И. Колчунов // М.: АВС, 2004. – 472с.
4. Комаров В.А. Экспериментальная теория сопротивления ригелей с подрезкой. Монография. – М.: Издательство "Спутник+", 2013. – 199 с.

УДК 624.01

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИОПОРНОЙ ЗОНЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ПОДРЕЗКОЙ

В.А. Комаров, доцент, канд. техн. наук, профессор кафедры строительных конструкций

О.В. Болдырева, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры строительных конструкций

А.Ю. Трегуб, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры строительных конструкций

Д.В. Еркин, аспирант кафедры строительных конструкций

**Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, Пенза**

Рассмотрены особенности разрушения сжатого бетона приопорной зоны, образованной подрезкой. Создана численная модель, получена и проанализирована картина распределения напряжений. Предложенный подход позволяет описать процесс разрушения сжатого бетона приопорной зоны.

Ключевые слова: приопорная зона балок, подрезка, напряженное состояние, разрушение сжатого бетона.

Разрушение приопорных зон балок с подрезкой по результату экспериментальных исследований можно квалифицировать как разрушение сжатого бетона в наклонной полосе между опорными и грузовыми площадками при пролетах среза $a \leq 0,9h_{01}$, где h_{01} – рабочая высота консоли, образованная подрезкой. Проведенные испытания показали разрушение наклонной сжатой полосы возможно двух видов.

К первому виду разрушения относится активный характер появления и развития серии наклонных трещин в бетоне, равномерно распределенных над опорной площадкой консольной опоры по направлению к грузовой площадке. В момент разрушения происходит активный процесс раздавливания бетона внутри сжатой полосы [1, 2].

Ко второму виду образования наклонных трещин подобно первому виду над опорной площадкой по направлению к грузовой, с появлением в момент разрушения серии прерывистых наклонных трещин, располагающихся друг за другом вдоль сосредоточенных хомутов, образовавшихся внутри наклонной сжатой полосы бетона, выделяя вертикальную зону среза [3, 4].

Детальная оценка напряженного состояния при испытании образцов практически невозможна ввиду сложности установления величины напряжений в каждой точке элемента, поэтому для решения данной задачи создана численная модель.

При моделировании расчетной схемы сделаны следующие допущения:

– бетон в приопорной зоны балки находится в условиях плоского напряженного состояния;

– используется фактическая схема армирования, в расчетной схеме использовалось два материала со своими модулями деформации;

– сечение арматуры учитывается при коэффициенте приведения $a = E_s/E_b$.

Загружение образцов производится симметрично сосредоточенными силами с пролетами среза $a = 0,9h_{01}$.

В результате анализа установлено, что главные сжимающие напряжения σ_1 концентрируются в наклонной полосе между грузовой и опорной площадками с максимальными значениями над опорной площадкой вблизи входящего угла подрезки (рисунок 1).

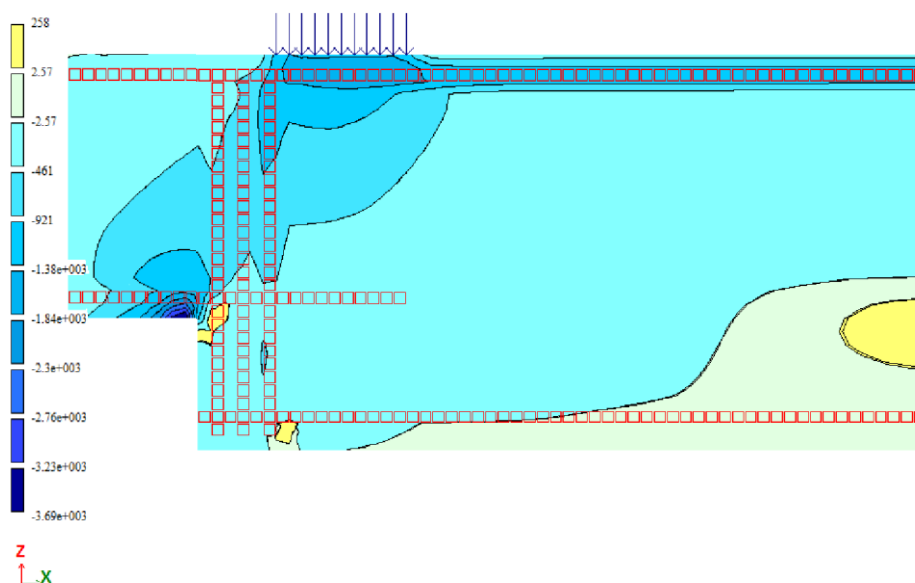


Рисунок 1 – Изополя главных сжимающих напряжений σ_1

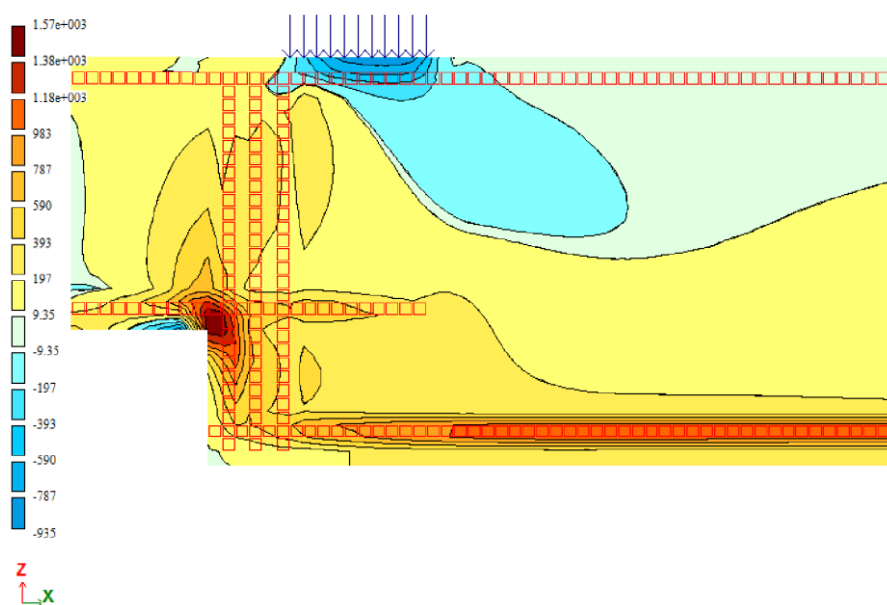


Рисунок 2 – Изополя главных растягивающих напряжений σ_2

Главные растягивающие напряжения σ_2 концентрируются в зоне входящего угла подрезки в узле сопряжения продольной арматуры короткой консоли A_S с первым сосредоточенным хомутом A_{sw1} с максимальным развитием по высоте подрезки к узлу сопряжения сосредоточенных хомутов с арматурой A_S балки (рисунок 2).

При распределении нормальных напряжений σ_y зона максимальных напряжений расположена по высоте подрезки в сосредоточенных хомутах A_{sw1} между узлами сопряжения с продольной арматурой консоли A_{sc} и ригеля, A_s (рисунок 3).

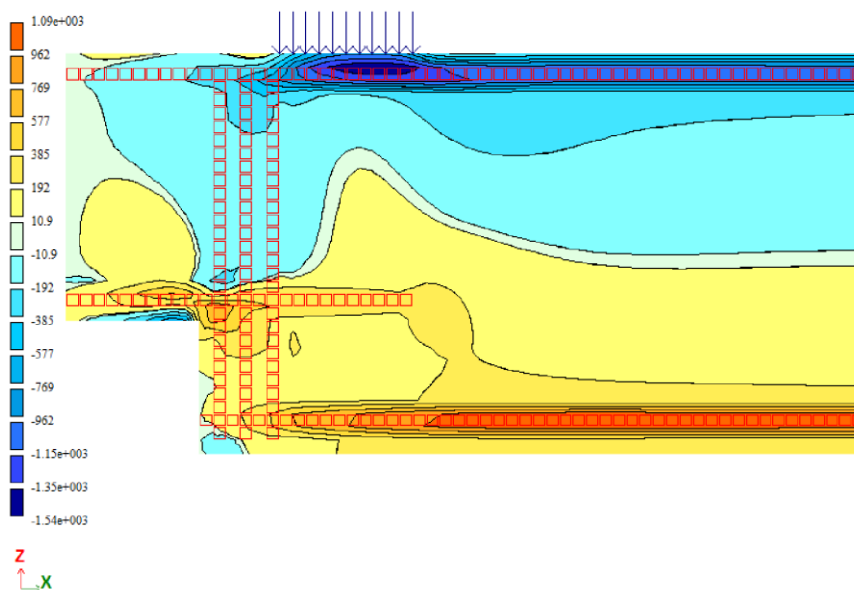


Рисунок 3 – Изополя нормальных напряжений σ_y

При распределении нормальных напряжений σ_x зона максимальных напряжений расположена в узле пересечения продольной арматуры короткой консоли A_{sc} с вертикальными хомутами A_{sw1} (рисунок 4).

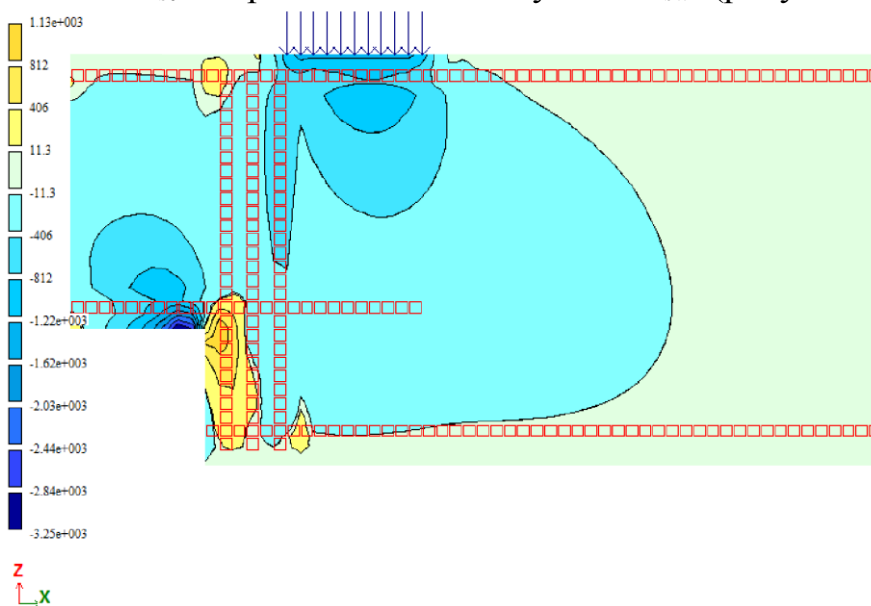


Рисунок 4 – Изополя нормальных напряжений σ_x

Касательные напряжения τ_{xy} концентрируются на краевых участках опорной и грузовой площадок с развитием по вертикальным сечениям вдоль сосредоточенных хомутов A_{sw1} с максимальными значениями на краевых участках опорной площадки входящего угла подрезки, т.е. в местах концентрации нормальных напряжений σ_y , σ_x (рисунок 5).

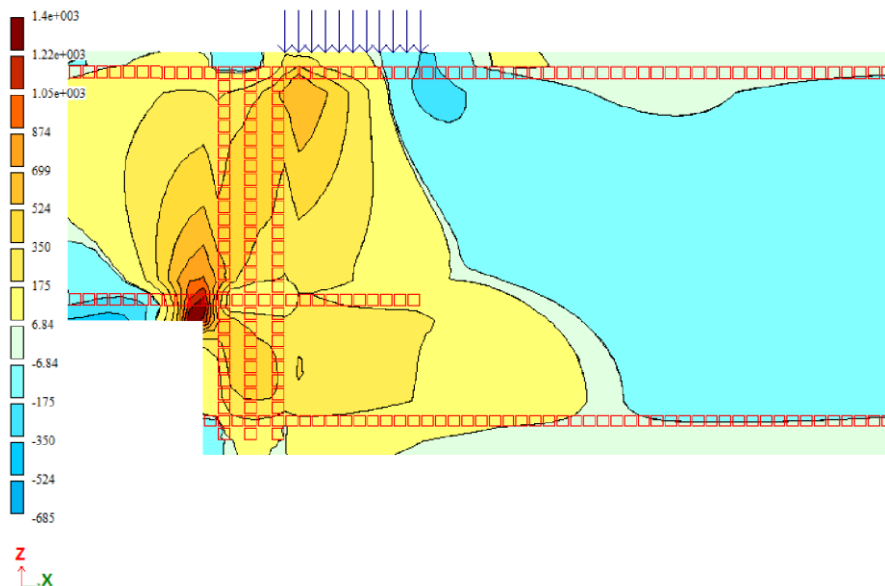


Рисунок 5 – Изополя напряжений τ_{xy}

В порядке обобщения полученных результатов можно сделать вывод: На прочность бетона приопорной зоны оказывают влияние главные сжимающие напряжения σ_1 (разрушение бетона от действия сжатия) и касательные напряжения τ_{xy} совместно с нормальными напряжениями σ_x , σ_y (разрушение сжатого бетона от действия среза).

Список литературы

1. Баранова Т.И. Расчетные модели сопротивления срезу сжатых зон железобетонных конструкций / Т.И.Баранова.- Саратов : СГТУ, 2006. – 159с.
2. Комаров В.А. Экспериментальная теория сопротивления ригелей с подрезкой. Монография М.Спутник+ 2013 199с.
3. Комаров В.А. Оценка прочности бетона ригелей с подрезкой многоэтажных каркасов / В.А.Комаров, О.В. Болдырева //Строительная механика и расчет сооружений. – 2016. - №4. - С.6-9
4. Комаров В.А. Прочность сжатых полос бетона консольных опор ригелей с подрезкой / В.А.Комаров, О.В. Болдырева //Региональная архитектура и строительство. – 2017. - №3(32). - С.105-112.
5. Комаров В.А. Напряженно-деформированное состояние консольных опор балок с подрезкой/ В.А.Комаров, О.В. Болдырева, А.Ю. Трегуб// Региональная архитектура и строительство. – 2017. - №3. - С.95-103.

УДК 666.968

ВЛИЯНИЕ ДОЗИРОВКИ И ДИСПЕРСНОСТИ ИЗВЕСТНЯКОВОЙ МУКИ НА УСАДКУ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

М.О. Коровкин, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМиД

Н.А. Ерошкина, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМиД

А.А. Короткова, соискатель кафедры ТСМиД

С.М. Саденко, профессор, канд. техн. наук, профессор кафедры ТСМиД

Е.С. Рожкова, студент технологического факультета

**Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, Пенза**

Исследовано влияние дисперсности известняковой муки и степени замещения этим материалом цемента на кинетику усадки мелкозернистого бетона. Установлено снижение эффективности этой инертной минеральной добавки для снижения усадки при повышении ее дисперсности.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, усадка, инертная минеральная добавка, смешанное вяжущее, известняковая мука, дисперсность.

Мелкозернистый бетон – перспективный вид бетона, применение которого может быть значительно расширено при условии преодоления его недостатков – повышенного расхода цемента, проницаемости, усадки и ползучести, недостаточной долговечности.

Одной из важнейших областей применения мелкозернистого бетона являются монтажные и ремонтные смеси самоуплотняющейся или высокопластичной консистенции. Эти смеси используются для заполнения узких пространств между строительными конструкциями, восстановления их геометрических характеристик. Наряду с адгезией таких смесей к поверхности бетона усадка таких смесей является одним из основных показателей их качества.

Усадочные деформации монтажных и ремонтных смесей оказывают большое влияние на их долговечность в связи с тем, что они обуславливают образование трещин в материале и проникновение в него коррозионно-активных агентов. Кроме того, высокий уровень усадки ремонтных и монтажных составов приводит к снижению их сцепления со «старым» бетоном.

В качестве методов снижения усадки и связанных с ней негативных явлений в мелкозернистых и тонкозернистых смесях с высокой подвижностью рассматривается введение в их состав высокодисперсной фибры [1], тонкомолотых горных пород различного химико-минералогического состава [2] и отходов производства [3]. Широкое применение для снижения усадки получили сульфоалюминатные

расширяющиеся модификаторы на основе глиноземистого цемента и гипса, однако, эти добавки обеспечивают снижение усадки только на ранней стадии твердения [4]. В отличие от этих модификаторов некоторые виды шлаков позволяют снизить усадку в различные сроки [5].

Известняковая мука может рассматриваться в качестве инертной минеральной добавки в составе смешанного вяжущего. Замещение части цемента минеральным порошком приводит к снижению количества цементного камня, обезвоживание которого является причиной влажностной усадки на поздних этапах твердения и эксплуатации цементных материалов. В связи с этим можно предположить, что снижение усадки смешанного вяжущего будет пропорционально количеству снижения содержания цемента, который замещается мукой.

Для исследования влияния известняковой муки на усадку мелкозернистых бетонов были изготовлены составы, в которых до 36% цемента замещалось этой инертной добавкой. Было также исследовано влияние на усадку дисперсности известняковой муки.

Исследования проводились на высокоподвижных смесях с добавкой суперпластификатора Melflux 2651F. Для определения усадки в торцы образцов-балочек 40×40×160 мм при их формовании устанавливались репера из нержавеющей стали с предварительно сделанными углублениями. В эти углубления вставляются стойки с индикатором часового типа для измерения деформаций образцов. Для измерения усадочных деформаций использовался индикатор часового типа с ценой деления 0,01 мм.

Усадку определяли после твердения образцов в течение 28 сут в различные сроки до 90 сут. Значения усадочных деформаций рассчитывали по формуле

$$\varepsilon(t) = \frac{\Delta l(t)}{l_0}, \quad (1)$$

где l_0 – первоначальный размер образца, мм;

$\Delta l(t)$ – изменение размера образца при высыхании, мм.

Результаты определения усадки показали, что увеличение доли замещения цемента известняковой мукой с удельной поверхностью 550 м²/кг не обеспечивает ожидаемого значительного снижения усадки (рис. 1). При усадке через 90 суток контрольного состава 0,63 мм/м, снижение этой характеристики при замещении 36% цемента известняковой мукой не превышает 0,05 мм/м. Это можно объяснить адсорбцией влаги на поверхности частиц известняка, которая в отличие от влаги на поверхности частиц цемента не вступает в химическую реакцию и создает избыточное влагосодержание в цементном камне с добавкой известняка. Химически несвязанная вода при высыхании в значительной степени компенсирует снижение усадки за счет уменьшения объема цементного геля.

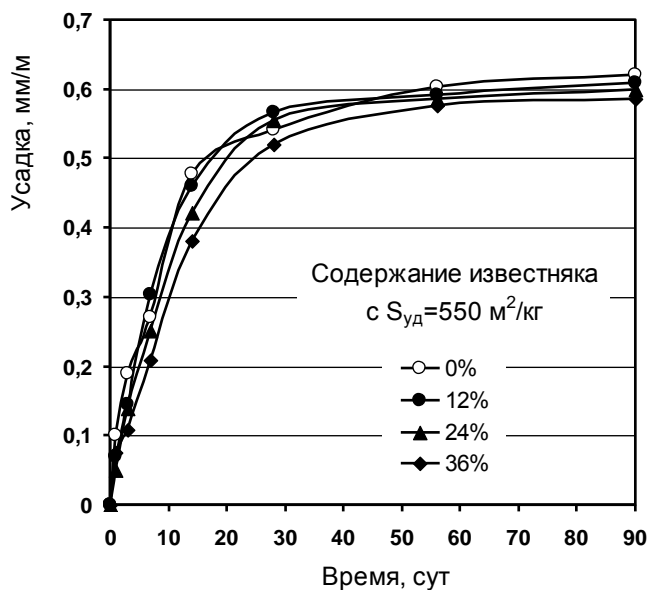


Рисунок 1 – Кинетика усадочных деформаций бетона в зависимости от содержания известняковой муки с дисперсностью $550 \text{ м}^2/\text{кг}$

Эта гипотеза подтверждается влиянием дисперсности известняковой муки на усадку: при снижении тонкости помола с 550 до $357 \text{ м}^2/\text{кг}$ усадочные деформации также снижаются (рис. 2). Наибольшее снижение усадки отмечается в интервале 10-40 суток.

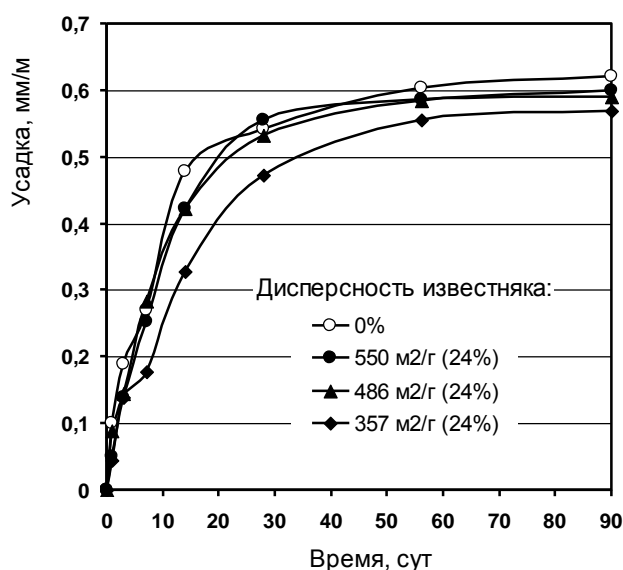


Рисунок 2 – Кинетика усадочных деформаций бетона в зависимости от дисперсности известняковой муки при ее дозировке 24%

В пользу предположения о том, что вода, иммобилизованная на поверхности известняковой муки, при высыхании значительно снижает положительное влияние «разбавление» цемента инертным компонентом свидетельствует кинетика усадочных деформаций. На графиках (рис. 2) видно, что при увеличении продолжительности испытаний положительное влияние замещения цемента известняковой мукой снижается.

Исследование измельченного известняка в качестве инертной минеральной добавки, способной снизить усадку за счет уменьшения в цементном камне продуктов гидратации, показало низкую эффективность этой добавки. Повышение дисперсности известняковой муки приводит к снижению ее эффективности.

Исследования влияния дозировки известняковой муки показали, что этот материал оказывает незначительное влияние на усадку и не может быть рекомендован в качестве добавки для этой цели. Для уменьшения усадки целесообразно измельчать известняк до меньшей дисперсности.

Список литературы

1. Калашиников, В.И. Исследование усадки высокопрочного бетона, модифицированного полиамидными волокнами / В. И. Калашиников, Е. Ю. Миненко, Ю. В. Грачева, О. И. Шлапакова // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2012. – № 28(47). – С. 208-213.
2. Калашиников, В. И. Гигрометрические свойства порошковых и порошково-активированных бетонов на основе различных горных пород / В. И. Калашиников, Е. А. Белякова, М. Н. Мороз, Р. Н. Москвин, В.С. Белякова // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2014. – № 11(671). – С. 10-15.
3. Калашиников, В. И. Высокодисперсные наполнители для порошково-активированных бетонов нового поколения / В.И. Калашиников, Р.Н. Москвин, Е.А. Белякова, В.С. Белякова, А.В. Петухов // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 2 (22). С. 113-118.
4. Коровкин, М. О. Оптимизация состава вяжущего для сухих строительных напольных смесей / М. О. Коровкин, Н. А. Ерошкина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 1-2(34). – С. 36.
5. Коровкин, М.О. Влияние доменного гранулированного шлака на свойства мелкозернистого самоуплотняющегося бетона / М. О. Коровкин, А. А. Короткова, Н. А. Ерошкина, С. М. Саденко // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 8(80). – С. 486-494.

УДК 666.968

ПРИМЕНЕНИЕ ОТСЕВА ДРОБЛЕНИЯ БЕТОННОГО ЛОМА В ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЕТОНОВ

М.О. Коровкин, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМиД

Н.А. Ерошкина, канд. техн. наук, доцент кафедры ТСМиД

А.В. Дружинин, студент технологического факультета

Ю.А. Сарабьева, студент технологического факультета

Е.С. Рожкова, студент технологического факультета

**Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, Пенза**

Рассмотрена проблема утилизации бетонного лома. Показано, что для получения вторичного заполнителя необходимо отделение растворной составляющей от природного крупного заполнителя. Образующийся при этом отсев дробления вторичного заполнителя, содержащий большое количество цементного камня, целесообразно использовать в качестве минеральной добавки при производстве высокофункционального бетона.

Ключевые слова: бетонный лом, вторичный заполнитель, отсев дробления бетонного лома, минеральная добавка, высокофункциональный бетон.

Сегодня при использовании термина «высокофункциональный бетон» по ГОСТ 25192-2012 не подразумевается привязка к конкретным требованиям к компонентному составу, а также его технологическим и эксплуатационным характеристикам. В указанном стандарте дается только указание на то, что высокофункциональный бетон должен соответствовать специальным требованиям по функциональности (очевидно технико-строительным свойствам), которые не могут быть получены при использовании традиционных методов технологии бетона. Неопределенность термина в российском бетоноведении возникла в связи с его заимствованием из международной англоязычной литературы, в которой с середины 80-х годов прошлого века используется термин High Performance Concrete. При этом смысловая размытость этого понятия уже давно подвергается критике.

Несмотря на неопределенность определения высокофункционального бетона технологические принципы его получения, основанные на применении суперпластификаторов совместно с и активными или инертными минеральными добавками, могут быть использованы для значительного повышения технологических и эксплуатационных свойств бетонов. Развитие этих принципов позволило создать бетоны нового поколения, которые характеризуются самоуплотняющейся консистенцией, сверхвысокой прочностью при низком удельном расходе цемента [1].

В качестве порошкового компонента бетона могут быть использованы активные или инертные минеральные добавки. Ведение этих компонентов

совместно с суперпластификатором при оптимальной дозировке этих модификаторов не снижает прочность, а при необходимости повышает ее. При совместном использовании этих добавок могут значительно улучшиться реотехнологические характеристики бетонной смеси благодаря увеличению объема пластифицированного цементного теста. Кроме того, совместное применение суперпластификаторов и минеральных добавок позволяет значительно повысить долговечность бетона за счет снижения водоцементного отношения смеси и проницаемости цементного камня.

Основной проблемой при подборе состава таких бетонов является поиск совместимых с цементами различных производителей суперпластификаторов и минеральными добавками. Эта совместимость оценивается прежде всего с точки зрения реологических характеристик бетонной смеси [1].

В качестве одного из перспективных материалов для получения порошкового компонента, который может быть использован в производстве высокофункциональных и самоуплотняющихся бетонов может рассматриваться отсев дробления бетонного лома. Как было установлено авторами работы [2] вторичный щебень, зерна которого имеют конгломератную структуру (рис. 1а), после многостадийного дробления лома по мягкому режиму содержит намного меньше растворной составляющей. Это обеспечивает такому заполнителю значительно более высокие прочностные характеристики и пониженную водопотребность в сравнении с вторичным заполнителем, полученным после одностадийного дробления.

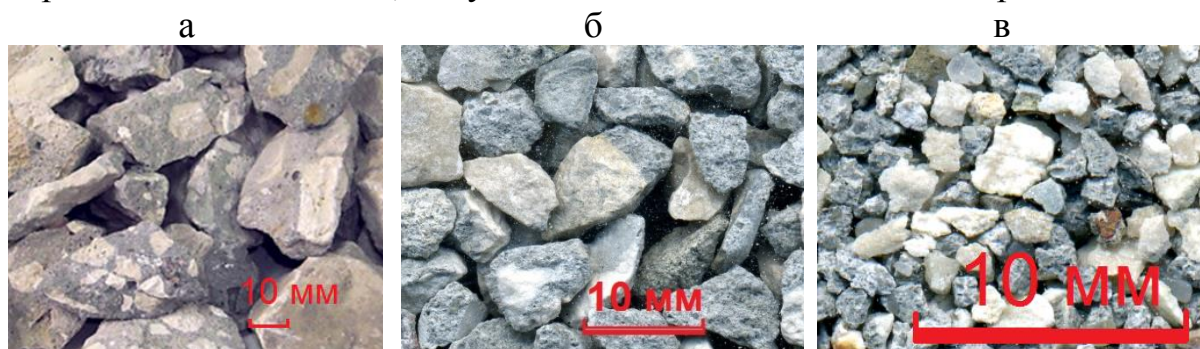


Рисунок 1 – Продукты дробления бетона: конгломератные зерна фр. 20-40 мм после однократного дробления (а); зерна бинарного состава фр. 5-10 мм после трехкратного дробления по мягкому режиму [2] (б); зерна фр. 1,25-2,5 мм из отсева дробления, состоящие преимущественно из цементного камня (в)

С точки зрения традиционной технологии бетона недостатком описанного выше способа повышения характеристик вторичного заполнителя является высокая доля отсевов дробления, которые состоят в значительной степени из цементного камня, поэтому имеют намного меньшую прочность и повышенную водопотребность в сравнении с природными песками [3]. В связи с этим отсева дробления бетонного лома целесообразно измельчать до дисперсности более высокой, чем

дисперсность цемента и использовать в качестве минеральной добавки высокофункциональные или самоуплотняющиеся бетоны.

В цементном камне бетонного лома содержится некоторое количество клинкерных минералов, которые находятся внутри гидратной оболочки цементных частиц и не вступили в реакцию гидратации. Тонкое измельчение позволяет вскрыть реликтовые фазы клинкера, способные к гидратации и твердению. По некоторым данным [4] негидратированная часть цемента может составлять около 50%. В связи с этим некоторые авторы показали, что на основе измельченного совместно с сухим суперпластификатором бетонного лома может быть получена высокоактивная органоминеральная добавка [4] или «вторичное» вяжущее [5].

По данным других исследований [3] измельченный отсев дробления бетона не обладает вяжущими свойствами (рис. 2). Анализ диаграмм показывает, что увеличение тонкости помола этой добавки не приводит к повышению прочности мелкозернистого бетона.

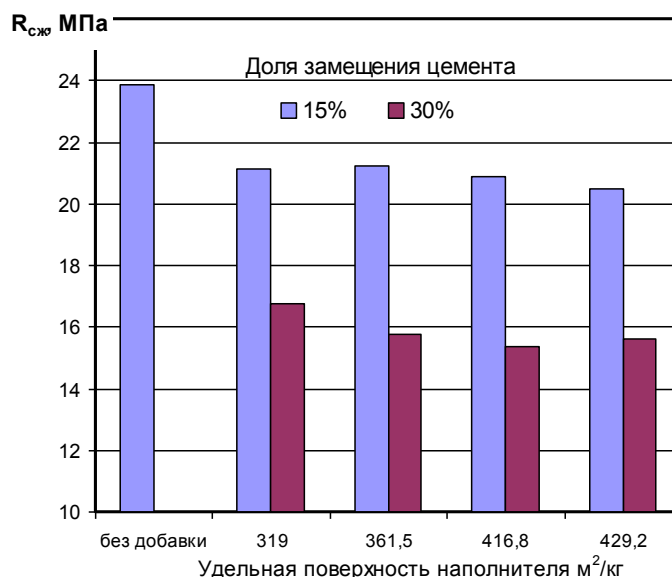


Рисунок 2 – Влияние дисперсности измельченного отсева бетонного лома на прочность мелкозернистого бетона при различной степени замещения цемента

Расхождения в оценке вяжущих свойств различными авторами можно объяснить возрастом бетона. Так в бетонном ломе, полученном на основе брака и технологических отходов предприятий сборного железобетона, может содержаться значительная доля негидратированного «молодого» клинкера, а в бетоне из конструкций, которые эксплуатировались несколько десятилетий, процессы гидратации завершены, при этом произошел переход клинкерных минералов в более стабильные и менее активные формы.

Несмотря на различия в проявлении вяжущих свойств измельченного отсева дробления бетонного лома, его основная функция, которую этот материал должен выполнять в высокофункциональном бетоне, заключается

в увеличении объема цементного теста и обеспечении раздвижки зерен мелкого и крупного заполнителя до уровня, практически исключающего непосредственный контакт между ними. Это позволяет получить бетоны с высокопластичной и самоуплняющейся консистенцией при низком расходе цемента, что обеспечивает высокую стойкость бетонной смеси к расслоению и образованию макродефектов структуры.

Список литературы

1. *Калашиников, В. И. Супер- и гиперпластификаторы. Микрокремнеземы. Бетоны нового поколения с низким удельным расходом цемента на единицу прочности / В. И. Калашиников // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие смеси. – 2011. – № 4(21). – С. 60-69.*
2. *Коровкин, М. О. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплняющегося бетона / М. О. Коровкин, А. И. Шестернин, Н. А. Ерошкина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3(37). – С. 85.*
3. *Шестернин, А. И. Исследование отсева дробления вторичного щебня в качестве мелкого и тонкого заполнителя бетона / А. И. Шестернин, О. А. Козюра, М. О. Коровкин // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: Материалы III Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Пенза, 7–9 октября 2009 года / Под общ. ред. В. И. Калашикова. – Пенза: ПГУАС, 2009. – 108-111.*
4. *Балакишин, А. С. Свойства малощебеночного бетона с органоминеральной добавкой на основе отсевов дробления бетонного лома / А. С. Балакишин // Вестник МГСУ. – 2011. – № 1-2. – С. 253-258.*
5. *Красникова, Н. М. Вторичное использование бетонного лома в качестве сырьевых компонентов цементных бетонов / Н. М. Красникова, Е. В. Кириллова, В. Г. Хозин // Строительные материалы. – 2020. – № 1-2. – С. 56-65.*

УДК 004.946

ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ В ИМИТАТОРЕ АВИАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА

О.А. Кувшинова, аспирант кафедры «Информационно-вычислительные системы»

***Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, Пенза***

Последние достижения науки и техники привели к появлению новых навигационных приборов. Одним из таких приборов является тепловизор, устанавливаемый на летательные аппараты и беспилотные летательные аппараты. Соответственно появилась задача обучать летчиков при полетах на авиационных тренажерах и операторов беспилотных летательных аппаратов решению задач определения места нахождения летательного аппарата по визуально наблюдаемому изображению модели местности. Для этого надо определить место нахождения летательного аппарата по визуально наблюдаемому изображению модели местности через остекление кабины.

Ключевые слова: машинный синтез информационной модели реперного объекта, тепловизор, авиационные тренажер, тренажер оператора беспилотного летательного аппарата.

Одним из сравнительно новых приборов, используемых для решения задач самолетовождения [1] как у нас в стране, так и за рубежом является тепловизор [2]. Они применяются на разных типах летательных аппаратов как один из модулей навигационной системы самолетов и вертолетов, так и для дистанционного управления беспилотными летательными аппаратами. Задачи обучения летчиков в умении выделять из изображения, полученного с помощью тепловизора нужную информацию предполагает разработку и использование соответствующих тренажеров. Для синтеза в реальном масштабе времени визуально наблюдаемого изображения местности вокруг кабины авиационного тренажера используется другой подход. В этом случае, первоначально создается векторная 3D-модель подстилающей поверхности с расположенными на ней векторными 3D-моделями инженерных сооружений и растительности [3], которая затем раскрашивается монохромно [4], или с помощью текстур [5]. Такой подход позволил создать имитаторы визуальной обстановки для обучения летчиков как полету по маршруту с ориентацией по карте модели местности и по визуально наблюдаемым моделям реперных объектов, так и при решении таких сложных задач как посадка модели летательного аппарата на модель взлетно-посадочной полосы и дозаправка летательного аппарата в воздухе.

В статье рассматривается сравнение технологии синтеза, при полетах на авиационном тренажере, визуально наблюдаемых летчиком через остекление кабины 3D-моделей и технологии синтеза 2D-проекции 3D-

моделей на экране имитатора тепловизора, позволяющего летчику при полетах на авиационном тренажере решать навигационные задачи.

При моделировании визуально узнаваемой модели местности наблюдаемой через остекление кабины авиационного тренажера показан на рисунке 1, первоначально по правилам машинной графики реального времени на экране формирования промежуточного изображения синтезируется видеоряд 2D-проекций 3D-моделей реальных 3D-объектов, по информации из базы данных. Каждый кадр данного видеоряда синтезируется с учетом дальнейшего использования специальной оптики, воздействующей на заданные составляющие зрительного аппарата человека с целью заставить его видеть 3D-моделей и при этом профессионально тренировать свой глазомер. При моделировании телевизионного изображения, достаточно на экране имитатора тепловизора синтезировать видеоряд 2D-проекций 3D-моделей по информации из соответствующей базы данных.



Рисунок 1 – Вид участка местности на экране тепловизора

Технологическая цепочка, в которой используется для моделирования в t_j момент времени визуально узнаваемой модели окружающего пространства $I_{2D}^{(3Dv)}(t_j)$ в котором может перемещаться управляемая модель летательного аппарата и использование синтеза модели телевизионного изображения $I_{2D}^{(3Dq)}(t_j)$ максимально похожего на изображение на экране реального тепловизора. Следует, что часть технологии синтеза для летчика визуально наблюдаемого через остекление кабины 3D-изображения окружающего пространства и часть технологии синтеза для летчика визуально наблюдаемого на экране тепловизора модели 2D-изображения окружающего пространства, попавшего в камеру наблюдения идентичны.

Синтез в t_j -ый момент времени на экране формирования промежуточного изображения имитатора визуальной обстановки 2D-проекций 3D-моделей реальных 3D-объектов может быть описан функцией

$$I_{2D}^{(3Dv)}(t_j) = F_S \left(\sum_{i=1}^{N^{(v)}(t_j)} M_i^{3Dv} \left(S_i^{(v)}, N_i^{(v)}, N_i^{(u)} \right) \right), \quad (1)$$

где $I_{2D}^{(3Dv)}(t_j)$ – синтезированные в t_j момент времени на экране формирования окончательного изображения 2D-проекций 3D-моделей 3D-объектов для наблюдения их на экране имитатора тепловизора;

F_S – функция машинного синтеза в t_j момент времени

$\sum_{i=1}^{N^{(v)}(t_j)} M_i^{3Dv} \left(S_i^{(v)}, N_i^{(v)}, N_i^{(u)} \right)$ 3D-моделей набранных из видимых примитивов,

излучаемых отраженный свет $S_i^{(v)}$, вывод 2D-проекций 3D-моделей синтез которых определяется их первоначальной записью в базе данных соответствующего компьютерный генератор изображения, с нарушением этого порядка вызова за счет использования $N_i^{(u)}$ управляющих примитивов.

Затем это изображение, в соответствии с технологической цепочкой, который показан на рисунке 2, через специальную оптическую систему попадают в глаза человека и заставляя его считать, что он видит 3D-модели.

Положение наблюдателя в модели пространства и направление его взгляда, при заданных в данный момент времени углах обзора камеры наблюдения



Рисунок 2 – Схема обработки информации в имитаторе тепловизора, синтезирующего 2D проекции в 3D изображений реперных объектов на местности

В то же время, синтез в t_j момент времени на экране формирования окончательного изображения 2D-проекций реальных 3D-объектов, видимых в ИК-диапазоне может быть описан функцией

$$I_{2D}^{(2Dq)}(t_j) = F_S \left(\sum_{i=1}^{N^{(q)}(t_j)} M_i^{3Dq} \left(S_i^{(q)}, N_i^{(q)}, N_i^{(u)} \right) \right), \quad (2)$$

где $I_{2D}^{(2Dq)}(t_j)$ – визуально наблюдаемые в t_j -ый момент времени на экране формирования окончательного изображения 2D-проекций 3D-моделей реальных 3D-объектов, видимых в ИК-диапазоне;

F_s – функция машинного синтеза в t_j момент времени

$$\sum_{i=1}^{N^{(o)}(t_j)} M_i^{3Dq} \left(S_i^{(o)}, N_i^{(o)}, N_i^{(u)} \right)$$

3D-моделей набранных из видимых примитивов, излучаемых ИК-излучение $S_i^{(o)}$, вывод 2D-проекции 3D-моделей синтез которых определяется их первоначальной записью в базе данных соответствующего компьютерный генератор изображения, с нарушением этого порядка вызова за счет использования $N_i^{(u)}$ управляющих примитивов. Это окончательное изображение, с которым работает летчик во время полета на авиационном тренажере.

Анализ формул (1) и (2) показывает, что они отличаются только количеством видимых примитивов, окрашенных по-разному. Отличие визуально наблюдаемой вокруг кабины авиационного тренажера от изображения модели местности в ИК-диапазоне показан в следующем:

– визуальные примитивы «3D-полигон» для $I_{2D}^{(3Dv)}(t_j)$ окрашены в соответствии с заданным Заказчиком временем года и времени дня: день, ночь, сумерки (их окрас утром и вечером одинаков);

– визуальные примитивы «3D-полигон» для $I_{2D}^{(2Dqv)}(t_j)$ окрашены в соответствии с заданным Заказчиком временем года и времени дня, при этом их окрас утром и вечером отличается;

– как правило при моделировании визуально наблюдаемого изображения модели реперных объектов на модели местности, видимых летчиком при полетах на авиационном тренажере через остекление кабины, соответствуют моделям местности, видимых летчиком при полетах на авиационном тренажере на экране имитатора тепловизора, но имеют разную степень детализации, по-разному окрашена и имеют разную дистанцию максимального наблюдения.

Это позволяет использовать все известные ранее разработки, связанные с синтезом модели окружающего пространства вокруг кабины авиационного тренажера для разработки имитатора тепловизора.

Таким образом, программно-аппаратные системы, называемые «компьютерный генератор изображения» и принятая для них технология подготовки исходных данных для занесения в их базу данных с целью синтеза узнаваемой модели местности, могут применяться для разработки модели тепловизора, который позволит решать все навигационные задачи, решаемые летчиком в реальном полете при использовании реального тепловизора.

Список литературы

1. *Мамаев В.Я. Воздушная навигация и элементы самолетовождения: Учеб. Пособие/В.Я. Мамаев, А.Н. Синяков, К.К. Петров, Д.А. Горбунов// СПбГУАП. СПб., 2002. – 256 с.*

2. *Nazmeev Munir M., Pavlycheva Nadezhda K. "New generation spectrographs" in Optical Engineering. 1994. Vol. 33. N 8.– pp. 2777-2782.*
3. *Вяткин С.И., Долговесов Б.С., Есин А.В., Жигач А.А., Чижик С.Е., Щербаков Р.А. Геометрическое моделирование и визуализация функционально заданных объектов//Автометрия. 1999.№6. –С. 84-92.*
4. *Долговесов Б.С., Городилов М.А., Шадрин М.Ю., Брагин В.И. Особенности реализации обработки, отображения и регистрации мультимедийных данных для тренажерных комплексов ЦПК//Пилотируемые полеты в космос. 2018.№4(29). – С. 34-43.*
5. *Вяткин С.И., Долговесов Б.С., Каипов Н.Р. Отображение текстуры на плоские и криволинейные поверхности, свободные формы и объемы//Автометрия. 2002.№1. – С. 17-24.*

УДК 696.2(075.8)

ВАРИАНТ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КОТЕЛЬНОЙ

С.Г. Прохоров, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры
теплогазоснабжения и вентиляции

Е.В. Казаков, магистрант группы 20СТ5м

**Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, Пенза**

Рассматривается система газопотребления производственной котельной на существующее положение и вариант проекта ее реконструкции.

Ключевые слова: Производственная котельная, система газопотребления, реконструкция.

Объектом исследования на существующее положение является производственная котельная с двумя паровыми котлами ДЕ-4-14ГМ (один-рабочий, второй-резервный) с номинальной паропроизводительностью 4 т/ч, производства Бийского котельного завода (ОАО «БиКЗ»). На каждом котле установлена газовая горелка G9/1-D исполнения ZMD фирмы «Weishaupt» (Германия).

Горелки котлов оснащены электророзжигом и блоком автоматики безопасности, которая прекращает подачу газа на горелку при:

- недопустимом отклонении давления газа от заданного;
- повышении температуры теплоносителя на выходе из котла;
- погасании пламени горелки;
- понижении разрежения в топке;
- увеличении сопротивления в дымоходе;
- отсутствии напряжения в электросети.

В комплекте с горелкой поставляется газовая рампа в составе: антивибрационная вставка, фильтр газовый, регулятор давления газа, газовый клапан, блок контроля герметичности.

Допустимый диапазон давления природного газа перед горелками котлов составляет 14-50 кПа, номинальное давление – 30 кПа. Расчетный расход газа на один котел составляет 310 нм³/ч при номинальной мощности, 93 нм³/ч – при минимальной мощности.

Источником газа (по ГОСТ 5542-2014) является существующий газопровод среднего давления dy108×4, проложенный до котельной. Давление газа на вводе в котельную (фактическое) – 0,24 МПа.

Коммерческий учет природного газа производится измерительным комплексом СГ-ЭК-Вз-Т-0,5-400/1,6 на базе счетчика газа TRZ G250, dy100, исполнения 2 ($Q_{\max}=400 \text{ м}^3/\text{ч}$, $Q_{\min}=20/13/8 \text{ м}^3/\text{ч}$), с корректором ЕК270.

Для редуцирования и поддержания заданного давления природного газа в котельной установлена ГРУ на базе регулятора давления газа РДБК1П-50, предохранительного запорного клапана ПКВ-50, предохранительного сбросного клапана ПСК-50. Пропускная способность ГРУ – $1582 \text{ м}^3/\text{ч}$ (при $P_{\text{вх}}=0,24 \text{ МПа}$). Давление газа на выходе из ГРУ – 30 кПа.

Помещение котельной размером $24,4 \times 13,4 \times 8,9(\text{h}) \text{ м}$. Котельная пристроена к производственному зданию 2 степени огнестойкости. Стены – из кирпича толщиной 510 мм, оштукатурены. Покрытие – из сборных ребристых железобетонных плит. Все несущие конструкции негорюемые (НГ), обеспечивают 2 степень огнестойкости (предел огнестойкости более REI 45 (0,75 часа). Категория производства по пожарной опасности «Г», класс функциональной пожарной опасности Ф5.1 (СНиП 21-01-97*). Класс конструктивной пожарной опасности – С1. Строительный объем – 2910 м^3 , площадь – 327 м^2 . Помещение котельной имеет естественное освещение (площадь легкобрасываемых конструкций удовлетворяет условию $0,03 \text{ м}^2$ на 1 м^3 свободного объема помещения), имеются два выхода наружу.

Срок эксплуатации стального газопровода составляет 40 лет. После истечения нормативного срока должно проводиться техническое диагностирование с целью определения необходимости замены или остаточного ресурса с разработкой мероприятий, обеспечивающих безопасную эксплуатацию газопровода на весь срок продления жизненного цикла. Срок эксплуатации технических и технологических устройств указывается в паспортах на изделие, а при отсутствии данных принимаются не менее 15 лет.

В рамках реконструкции предусматривается:

- замена наружного газопровода $dy108 \times 4$ от выхода газопровода из земли (ИФС-108) до ввода в котельную;
- замена внутреннего газопровода $dy108 \times 4$ от ввода в котельную до ГРУ;
- демонтаж ГРУ на базе регулятора давления газа РДБК1П-50 с установкой линий редуцирования (основной и резервной) на базе комбинированных регуляторов давления газа RG/2MB «MADAS» (Италия), $dy50$, $P_{\text{вх}} \leq 0,6 \text{ МПа}$, $P_{\text{вых}} = 15-35 \text{ кПа}$, со встроенными ПЗК и ПСК.
- замена внутреннего газопровода от ГРУ до присоединительных фланцев горелок.

Коммерческий учет газа предусматривается существующим измерительным комплексом с установкой перед ним газового фильтра FM «MADAS» (Италия), $dy100$ (степень фильтрации 50 микрон).

Прокладка наружного газопровода принята из труб по ГОСТ 10704-91 по стене и кровле производственного здания 2 степени огнестойкости на кронштейнах (0,5 м над кровлей). В точке подключения предусмотрена установка шарового крана 11с67пЦФ, dy100, «МАРШАЛ» (кран является и отключающим устройством на вводе в котельную). Антикоррозийная защита наружного газопровода предусмотрена по СП 28.13330.2012 лакокрасочными материалами желтого цвета (эмаль ПФ-115 по ГОСТ 6465-76*, 2 слоя, по грунтовке ГФ-021 по ГОСТ 25129-82).

Настройки оборудования ГРУ: выходное давление $P_{\text{вых}}$ – 30 кПа; верхний предел срабатывания ПЗК – 37,5 кПа; нижний предел срабатывания ПЗК – 11 кПа; предел срабатывания ПСК – 34,5 кПа. Пропускная способность регулятора давления газа RG/2MB «MADAS» (Италия), dy50 – 800 м³/ч.

За линией редуцирования предусмотрен дополнительный предохранительно-сбросной клапан MVSP/1 «MADAS», dy20, настроенный на срабатывание при 35 кПа.

Прокладка внутреннего газопровода в котельной принята из электросварных труб по ГОСТ 10704-91 на отдельно стоящих опорах по серии 5.905-18.05 на высоте 3,5 м. На вводе газопровода в котельную устанавливается быстродействующий электромагнитный клапан EVP/NC «MADAS» (Италия), dy100, обеспечивающий отключение подачи газа в следующих случаях при:

- неисправности цепей защиты, включая исчезновение напряжения;
- достижении концентрации загазованности помещения котельной (10% нижнего предела взрываемости природного газа), мгновенно;
- содержании в воздухе концентрации СО более 20 мг/м³, мгновенно;
- срабатывании существующей пожарной сигнализации, мгновенно;
- превышении давления газа на вводе газопровода P_{max} .

Сигналы от систем контроля и загазованности передаются на операторский пункт с круглосуточным дежурством персонала. Сигнализаторы загазованности природным газом устанавливаются на 200 мм ниже перекрытия, сигнализаторы загазованности угарным газом – на отметке 1,5-1,7 м.

Для продувки газопроводов перед пуском котлов, а также для сброса в атмосферу газа, просачивающегося через неплотности запорной арматуры, предусмотрены продувочные газопроводы из труб по ГОСТ 3262-75* (выводятся выше карниза крыши на 1 м).

Корпуса электромагнитного клапана, счетчика газа и продувочный газопровод заземляются на соответствующий контур котельной. Внутренний газопровод окрашивается эмалью ПФ-115 за 2 раза по грунтовке ГФ-021.

Испытания газопроводов после их монтажа должна производить строительно-монтажная организация в присутствии представителей

технадзора заказчика и газораспределительной организации. Результаты испытаний оформляются актом и записью в строительном паспорте. Наружный газопровод испытывается давлением 0,45 МПа в течение 1 часа (СП 62.13330.2011*). Дефекты, обнаруженные в процессе испытаний газопроводов, следует устранять после снижения давления в газопроводе до атмосферного.

Эксплуатация сетей газораспределения и газопотребления, не принятых комиссией в установленном порядке, не допускается.

Список литературы

1. ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.
2. ГОСТ 14202-69. Трубопроводы промышленных предприятий. Опознавательная окраска, предупреждающие знаки и маркировочные щитки.
3. СП 62.13330.2011*. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002.
4. Технический регламент о безопасности сетей газораспределения и газопотребления (Утв. Постановлением Правительства РФ от 29.10.2010 №870).
5. Правила безопасности сетей газораспределения и газопотребления (Утв. Приказом Ростехнадзора от 15.12.2013 №542).
6. СП 42-101-2003. Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб.
7. СП 42-102-2004. Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб.
8. СП 89.13330.2012. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП 2-35-76.
9. ФЗ-384 от 30.12.2009. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений.

ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УСИЛИЯ ПРИ ЗАТЯЖКЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Ю.В. Родионов, профессор, д-р техн. наук, декан автомобильно-дорожного института

Д.А. Коршунов, студент группы 21ЭТМК1м

О.А. Молчан, студент группы 21ЭТМК1м

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

В составе датчика представлена структурная схема упругого элемента, представленного как твердое тело определенной формы, выполненное для целей заданного преобразования одной механической величины в другую, удобную для дальнейшего преобразования на основе закона Гука.

Ключевые слова: датчик, упругий элемент, измерение, усилие, резьбовое соединение, затяжка.

Первоначальная затяжка резьбовых соединений, их структурная стабильность в процессе вибрационного воздействия во многом определяют надежность узлов и агрегатов автомобилей в различных условиях эксплуатации [1, 2]. Наибольшую точность измерения усилия затяжки РС обеспечивает метод контроля по удлинению стержня болта. Этот метод широко применяют при контроле усилия затяжки особо ответственных резьбовых соединений.

Усилие затяжки в рассматриваемом случае определяют по удлинению стержня Δl – разности величины базы измерения до и после затяжки:

$$Q_0 = \frac{\Delta l}{\lambda_b}; \sigma_0 = \frac{\Delta l}{l} E, \quad (1)$$

где Q и σ_0 – усилие и напряжение в стержне болта от затяжки;

λ_b – податливость стержня болта.

$$\lambda_b = \frac{l_b}{E_b F_b}; \quad (2)$$

где l_b – длина болта в пределах деталей;

$E_b F_b$ – жесткость сечения стержня болта при его растяжении.

Для измерения удлинения болта предлагается датчик, в который, как составная часть, входит упругий элемент (УЭ). УЭ является одним из измерительных преобразователей (ИП), из которых построен датчик и стоит он в цепи прямого преобразования измеряемой величины. Он относится к

группе ИП механического сигнала, то есть как входным, так и выходным его воздействием являются механические величины. От других преобразователей механического сигнала, таких как гибкая мембрана, преобразующая ускорение в силу, или сейсмическая масса, преобразующая ускорение в силу, УЭ отличается физикой этого преобразования входной величины. Основой этого преобразования являются упругие свойства твердых тел, определяемые законом Гука. Поэтому УЭ можно определить как твердое тело определенной формы, выполненное для целей заданного преобразования одной механической величины в другую, удобную для дальнейшего преобразования на основе закона Гука.

УЭ как измерительный преобразователь датчика имеет структурную схему, представленную на рисунке 1.

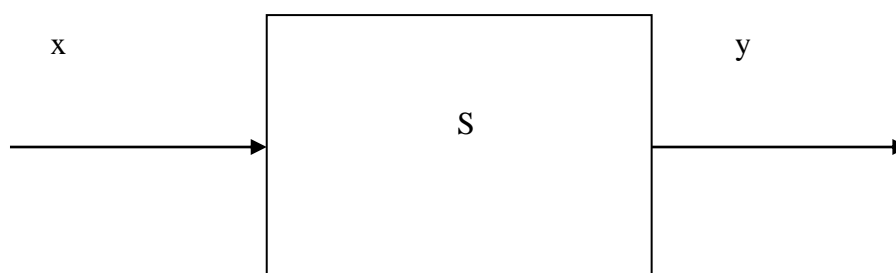


Рисунок 1 – Структурная схема УЭ

Преобразуемая величина x воздействует на УЭ, и на выходе его получается выходная величина y в соответствии с функцией преобразования (ФП).

$$y = S \cdot x, \quad (3)$$

где S – чувствительность УЭ.

Так как для реализации преобразования (3) используется закон Гука, то чувствительность УЭ не зависит от входной величины, и ФП принимается линейной. Поэтому УЭ характеризуется номинальной входной величиной $x_{\text{ном}}$ и соответствующей ей номинальной выходной величиной $y_{\text{ном}}$. Тогда, исходя из определения ФП, чувствительность УЭ можно записать в виде

$$S = \frac{y_{\text{ном}}}{x_{\text{ном}}}. \quad (4)$$

Обобщенная чувствительность для преобразователей силы с выходом по деформации может быть представлена в виде:

$$S_{\varepsilon} = \frac{B_{\varepsilon}}{S_{\text{об}} \cdot E}, \quad (5)$$

где B_{ε} – конструктивный коэффициент чувствительности;

$S_{\text{об}}$ – обобщенное сечение УЭ;

E – модуль упругости материала УЭ.

Следуя рекомендациям [3], для средних пределов измерения (от 10 до 5000 Н) наиболее подходящими УЭ являются кольцевые (рис. 2).

В кольцевом УЭ наклеиваемые тензорезисторы располагаются в зоне вертикального диаметра так, чтобы практически полностью использовалась зона деформаций. Ширина кольца принимается в пределах $1,1 \div 1,2$ ширины тензорезистора, а общий параметр длины кольца, таким является средний диаметр кольца d_0 – в пределах $(1,1 \div 1,2) / \alpha_0$ длины тензорезистора, где угол α_0 , определяющий длину зоны деформаций, определяется из соотношения $\cos \alpha_0 = \sin \varphi_0 / \varphi_0$.

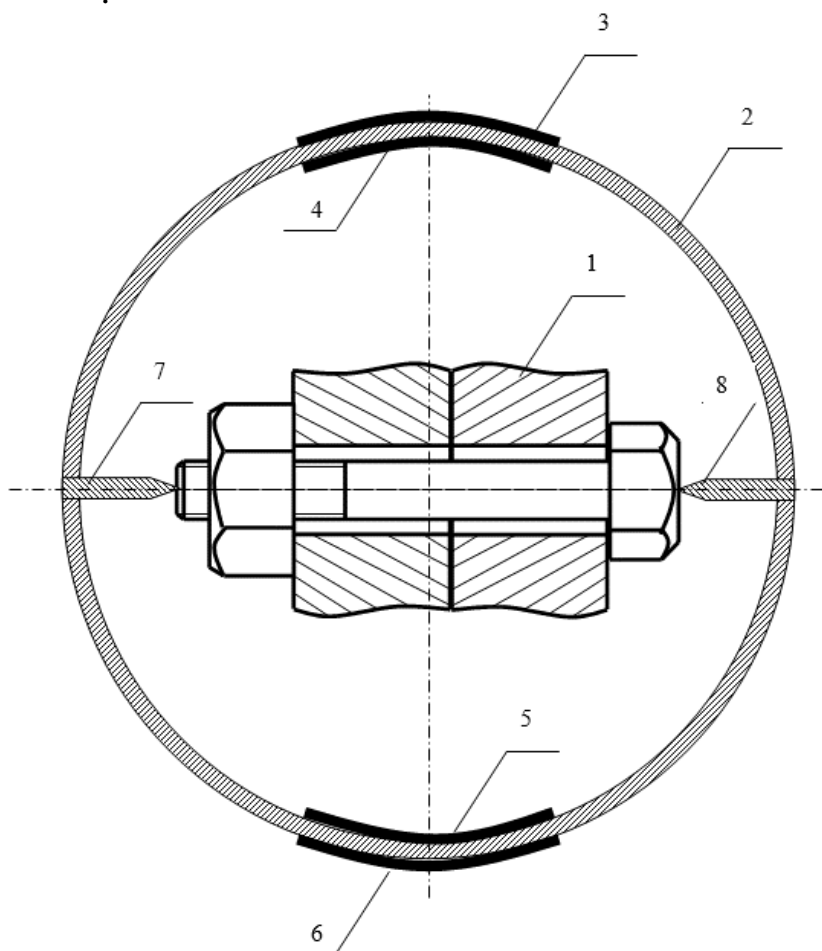


Рисунок 2 – Упругий элемент в виде кольца:

*1 – резьбовое соединение; 2 – упругий элемент; 3, 4, 5, 6 – тензодатчики;
7, 8 – зажимы*

Обобщенное сечение УЭ, выполненного в виде кольца

$$S_{об} = bh^2 / d_0, \quad (6)$$

где b – ширина кольца;
 h – толщина кольца;
 d_0 – средний диаметр кольца.

Обобщенная длина:

$$l_{об} = d_0^2 / h \quad (7)$$

Конструктивный коэффициент чувствительности:

$$B_H = 1,91 - 3 \cos \varphi, \quad B_B = -1,91 + 3 \cos \varphi \quad (8)$$

зависит от угла жесткой заделки φ_0 и от текущей координаты сечения φ . Для чистого кольца $\varphi = 90^\circ$ ($\varphi_0 = 90^\circ$) конструктивный коэффициент чувствительности $B_\varepsilon = 1,91$, а при $\varphi = 0$ $B_\varepsilon = 1,09$.

Таким образом, все данные, необходимые для определения чувствительности кольцевого УЭ с данными размерами определены и по формуле (8) можно рассчитать обобщенную чувствительность изготовленного кольцевого упругого элемента.

Разработанный датчик, установленный на оригинальный стенд [4], имитирующий условия нагружения и режимы эксплуатации резьбовых соединений позволит установить взаимосвязь между технологическими методами изготовления и интенсивностью ослабления затяжки РС, а также изучить влияния на ослабление затяжки изменений, происходящих во внутренней структуре материала болта, в процессе вибрационного воздействия.

Список литературы

1. Егожнев, А.М., Алажнев А.К. *Общеметодологические принципы повышения надежности резьбовых соединений сельскохозяйственных машин и орудий // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. - №6. – С. 35-39.*
2. Фаскиев, Х.А. *Повышение долговечности соединения картера с шаровой опорой переднего моста грузового автомобиля // В сборнике: Современные исследования в сфере естественных, технических и физико-математических наук: Сборник результатов научных исследований. – Киров. – 2018. – С. 532-540.*
3. Тихонов, А.И. *Упругие элементы датчиков механических величин/А.И.Тихонов, В.А. Тихоненков, Е.А. Мокров. – Ульяновск, 1998. –120 с.*
4. Родионов, Ю.В. *Обеспечение стабильности затяжки резьбовых соединений при ремонте автомобилей: моногр./ Ю.В. Родионов, С.В. Суменков. – Пенза: ПГУАС, 2019. – 160 с.*

УДК 628.16

КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АЭРАЦИИ И РЕЦИРКУЛЯЦИИ ВОДЫ И ОСАДКА В КАМЕРАХ ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ СТАНЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ Г. ПЕНЗЫ

С.М. Салмин, канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и гидротехники

Е.А. Титов, канд. техн. наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и гидротехники

В.О. Борискин, аспирант кафедры водоснабжения, водоотведения и гидротехники

А.Р. Тужиков, магистрант группы 21СТ7м

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, Пенза

Камеры хлопьеобразования на очистных сооружениях водопровода предназначены для укрупнения агломератов частиц примесей и гидроксидов алюминия, образующихся после коагуляционной обработки воды. Приведен расчет устройств для аэрации и рециркуляции воды и осадка в камерах хлопьеобразования станции водоподготовки г. Пензы.

Ключевые слова: очистные сооружения водопровода, аэратор-рециркулятор, подача воды, камера хлопьеобразования, флокуляция.

Для образования крупных, прочных и быстрооседающих хлопьев коагулянта с извлеченными из природной воды примесями в камерах хлопьеобразования горизонтальных отстойников очистных сооружениях водопровода (ОСВ) «Кирпичная» г. Пензы предусмотрена установка устройств для аэрации и рециркуляции воды и осадка. Каждое устройство (аэратор-рециркулятор) представляет собой цилиндрический смеситель, снабженный конфузуром и воздухораспределителем (рис. 1). В одной камере хлопьеобразования предусмотрена установка 12 аэраторов-рециркуляторов (АР), при этом на каждой распределительной трубе размещаются по 6 АР.

Расход воды на одну камеру хлопьеобразования ОСВ «Кирпичная» принимается равным производительности горизонтального отстойника:

$$Q_{\text{кх}}=Q_{\text{от}}=347 \text{ м}^3/\text{ч}=0,0964 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (1)$$

Количество распределительных труб в камере – 2. Расход по каждой трубе:

$$Q_{\text{рт}}=\frac{347}{2}=173,5 \text{ м}^3/\text{ч}=0,0482 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (2)$$

При рекомендуемой скорости воды в начале трубы $v_{\text{рт}}=0,5-0,6 \text{ м/с}$ (п. 6.57 СНиП 2.04.02-84) диаметр трубы:

$$d_{\text{пр}} = \sqrt{\frac{4Q_{\text{до}}}{\pi v_{\text{до}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0482}{3,14 \cdot 0,5}} = 0,35 \text{ м.} \quad (3)$$

Каждая камера разделена по длине на 3 секции двумя струенаправляющими перегородками. Так как расход воды по длине распределительной трубы уменьшается (за счет отбора воды в каждую секцию), диаметр трубы в первой секции задается равным 350 мм, во второй секции – 300 мм, в третьей секции – 200 мм.

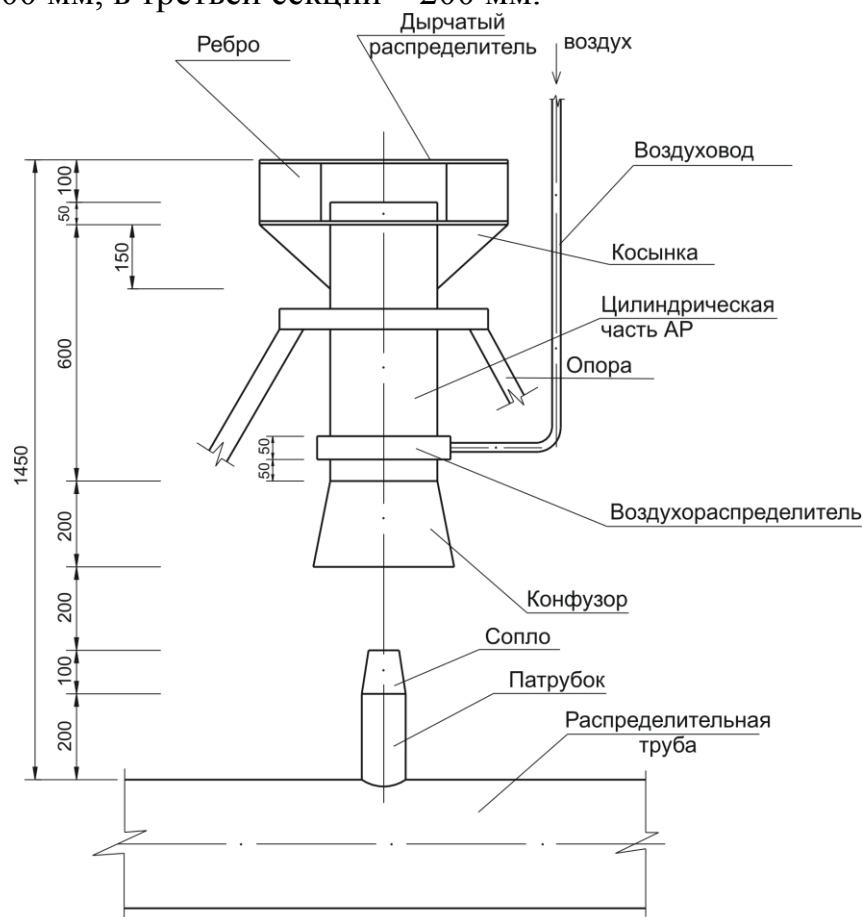


Рисунок 1 – Схема установки аэратора-рециркулятора (АР)

Распределительные трубы используются только для подачи воды в камеру хлопьеобразования и располагаются непосредственно на существующих дырчатых коробах, представляющих собой полутрубы диаметром 600 мм с отверстиями диаметром 25 мм. Дырчатые короба в данном случае предназначены только для удаления осадка, поэтому на патрубках d 200 мм, соединяющих коллектор подачи исходной воды (d 400 мм) с коробами устанавливаются заглушки. Для соединения распределительных труб и коллекторов подачи исходной воды устанавливаются два патрубка d 200 мм.

В каждой секции устанавливаются 4 АР (по два на каждую распределительную трубу). Расстояние между двумя трубами в секции – 3 м (в осях), расстояние между двумя АР на одной трубе – до 2 м.

Расход воды на 1 АР:

$$Q_c = \frac{Q_{кх}}{12} = \frac{0,0964}{12} = 0,008 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4)$$

Расход воды и осадка, поступающих в цилиндрическую часть АР с учетом коэффициента подмешивания $\alpha=1$.

$$Q_{сп} = Q_c + \alpha Q_c = 0,008 + 1 \cdot 0,008 = 0,016 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (5)$$

Скорость потока воды и осадка в цилиндрической части при ее условном диаметре $d_{ц} = 0,25 \text{ м}$

$$v_{ц} = \frac{4Q_{сп}}{\pi \cdot d_{ц}^2} = \frac{4 \cdot 0,016}{3,14 \cdot 0,0625} = 0,33 \text{ м/с}. \quad (6)$$

Вода поступает в рециркулятор через патрубки с соплами, установленные на распределительной трубе. Скорость воды на выходе из сопла по [1] составляет $v_c = 2,27 \text{ м/с}$.

Градиент скорости перемешивания в камере хлопьеобразования, создаваемый за счет энергии потока воды, проходящего через сопла

$$G_1 = \sqrt{\frac{\rho \cdot v_n^2 \cdot Q_{сб}}{2 \cdot V_k \cdot \mu}}, \quad (7)$$

где ρ – плотность воды, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;

V_k – объем камеры хлопьеобразования, $V_k = 324 \text{ м}^3$;

μ – динамический коэффициент вязкости воды, $\mu = 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

После подстановки значений в правую часть формулы (7)

$$G_1 = \sqrt{\frac{1000 \cdot 5,15 \cdot 0,0964}{2 \cdot 324 \cdot 0,001}} = 27,7 \text{ с}^{-1}. \quad (8)$$

Для ускорения процессов флокуляции примесей воды в смеситель АР по предлагаемой технологии предусматривается подача сжатого воздуха (рис. 1). В соответствии с рекомендациями [2] расход воздуха Q_v составляет 5 до 10% от расхода обрабатываемой воды. Принимаем расход воздуха в размере 7% от $Q_{кх}$:

$$Q_v = 0,07 \cdot Q_{кх} = 0,07 \cdot 0,0964 = 6,75 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = 24,3 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (9)$$

Расход воздуха на один АР:

$$Q_p = \frac{Q_v}{12} = \frac{6,75 \cdot 10^{-3}}{12} = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с} \approx 2,0 \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (10)$$

Диаметр воздуховода, соединяющего воздухоудовку с воздухораспределительным устройством АР, принимается равным $d_p = 10 \text{ мм} = 0,01 \text{ м}$. Скорость в воздуховоде:

$$v_{вс} = \frac{4Q_p}{\pi \cdot d_p^2} = \frac{4 \cdot 5,6 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot 7,85 \cdot 10^{-5}} = 9,1 \text{ м/с}. \quad (11)$$

Подача воздуха в каждый АР осуществляется от воздушного коллектора. Диаметр в начале воздушного коллектора принимается равным $d_{вк} = 50 \text{ мм} = 0,05 \text{ м}$ при скорости воздуха:

$$v_{вс} = \frac{4Q_v}{\pi \cdot d_{вк}^2} = \frac{4 \cdot 6,75 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}} = 3,44 \text{ м/с}. \quad (12)$$

Так как расход воздуха вдоль коллектора уменьшается (за счет отбора в каждую секцию), его диаметр принимается переменным $50 \times 40 \times 32$ мм.

Диаметр одного отверстия воздухораспределителя принимаем равным $d_0 = 20$ мм = 0,02 м, скорость выхода воздуха из отверстия $v_0 = 0,5$ м/с. Количество отверстий в воздухораспределителе

$$n_B = \frac{4 \cdot Q_{\delta}}{\pi \cdot d_0^2 \cdot v_0} = \frac{4 \cdot 5,6 \cdot 10^{-4}}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5} = 3,56 \approx 4 \text{ отв.} \quad (13)$$

Отверстия расположены в 1 ряд с шагом 0,2 м.

Расчетный расход воздуха принят равным $Q_B = 24,3$ м³/ч, напор – до 5 м.в.ст. Для таких параметров рекомендуется к установке двухроторная воздуходувка Lutos (Чехия) марки ДТ 4R-Д со следующими характеристиками:

- производительность – 25 м³/ч;
- давление избыточное – 50 кПа;
- мощность воздуходувки – 0,54 кВт;
- размеры $l \times b \times h$ – 628 × 305 × 298 мм;
- диаметр нагнетательного патрубка – $d_H = 25$ мм;
- вес – 24 кг.

Градиент скорости перемешивания, создаваемый в камере хлопьеобразования за счет подачи сжатого воздуха:

$$G_2 = \sqrt{\frac{\delta_a \cdot Q_a}{V_e \cdot \mu}}, \quad (14)$$

где p_B – избыточное давление, развиваемое воздуходувкой, $p_B = 50000$ Па.

После подстановки значений в правую часть формулы (14)

$$G_2 = \sqrt{\frac{50000 \cdot 0,00675}{324 \cdot 0,001}} = 32,3 \text{ с}^{-1}.$$

Суммарный градиент скорости перемешивания в камере хлопьеобразования

$$G = G_1 + G_2 = 27,7 + 32,3 = 60,0 \text{ с}^{-1}. \quad (15)$$

Данное значение G находится в диапазоне, рекомендуемом [3].

Список литературы

1. Регламент модернизации технологии и сооружений ОСВ пл. Кирпичная ЗАО «Водопроект-Гипрокоммунводоканал» - С.-Пб.: 2007. – 43 с.
2. Бутко А.В., Михайлов В.А. и др. Применение воздушного перемешивания в процессах смешения и хлопьеобразования // Водоснабжение и санитарная техника. 1995. - №7. – с. 20-22.
3. Фрог Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. – М.: Издательство МГУ. 2003. – 680 с.

УДК 621.92

ПРОБЛЕМЫ ШЛИФОВАНИЯ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю.В. Тарашевская, магистрант

И.Н. Янкин, д-р техн. наук, профессор кафедры технологии машиностроения

*Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А., Саратов*

Обоснованы проблемы обработки шлифованием труднообрабатываемых материалов и сплавов. Исследованы процессы шлифования с криволинейным рабочим профилем и глубинном однопроходном шлифовании.

Ключевые слова: шлифование, труднообрабатываемые материалы, глубинное шлифование, засаливание, температура.

Повышение эффективности использования алмазного инструмента на металлической связке при шлифовании высокопрочных, нанопроцессированных и труднообрабатываемых материалов является актуальной задачей современного машиностроения. Из-за высоких физико-механических свойств конструкционных материалов на стадиях финишной обработки на обрабатываемых поверхностях деталей возникают разного рода тепловые дефекты. К примеру, нагрев алмазов до температуры 700-800°C приводит к потере алмазом своих режущих свойств. При шлифовании сплавов на основе титана, в связи с их низкой теплопроводностью на обработанных поверхностях возникают дефекты в виде микротрещин, прижогов, термопластической деформации, что в свою очередь приводит к снижению эксплуатационных свойств получаемых изделий. Поэтому выполненные исследования теплового режима работы зерна позволили решить задачу о распределении тепла в системе деталь-зерно-связка и провести анализ температурного поля зерна [1].

Применение для снижения температуры в зоне резания при шлифовании специальных конструкций шлифовальных кругов, таких как перфорированный, прерывистый и высокопористый не является достаточно эффективным при обработке сплавов на основе титана и циркония, так как на обработанных поверхностях наблюдаются тепловые дефекты, снижающие эксплуатационные характеристики производимой продукции.

Экспериментально установлено, что стойкость инструмента при шлифовании заготовок из титановых сплавов составляет не более 10 минут. Важным фактором является то, что температура в зоне резания не должна превышать 400°C для титановых сплавов, и 250°C для циркониевых сплавов. В результате превышения данных показателей температуры на поверхностях обработанных изделий возникают тепловые дефекты, а обрабатываемый материал вступает в активное физико-химическое

взаимодействие с зернами шлифовального круга и охлаждающей жидкостью.

К системе охлаждения при глубинном шлифовании предъявляются следующие требования: высокая смазочная, моющая и проникающая способность смазочно-охлаждающей жидкости, наиболее полный отвод жидкостью шлама из зоны шлифования, высокая степень очистки смазочно-охлаждающей жидкости при подаче ее в зону обработки для преодоления воздушного потока, возникающего вокруг шлифовального круга.

Обзор современных существующих технологических решений позволяет сделать вывод, что повышение эффективности процесса шлифования сплавов на основе титана и циркония, а именно повышение качества обработанных поверхностей, увеличение стойкости инструмента, повышение производительности шлифования, является актуальной научной проблемой [2].

Анализ особенностей, протекающих при шлифовании теплофизических и гидродинамических процессов позволил разработать конструкцию шлифовального круга с криволинейным рабочим профилем (рисунок 1).

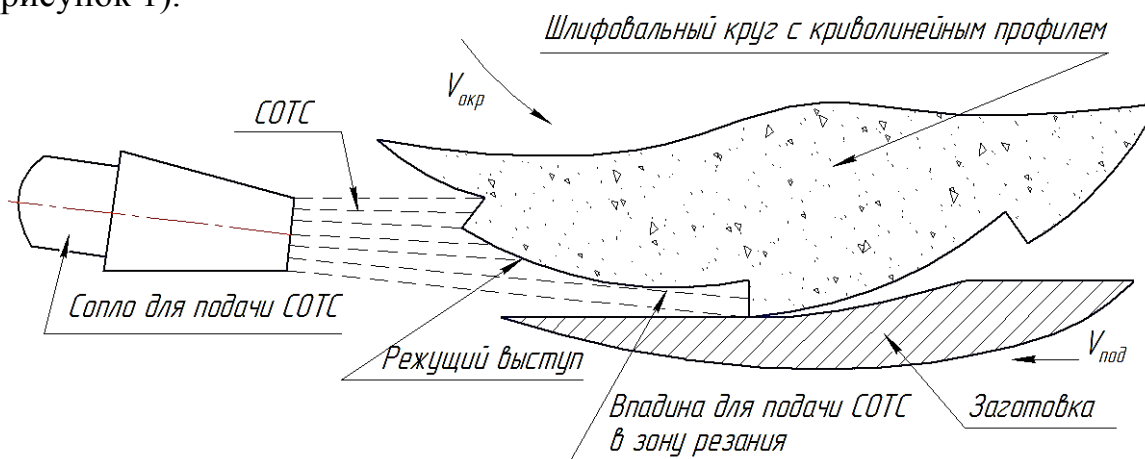


Рисунок 1 – Схема процесса шлифования кругом с криволинейным рабочим профилем

Благодаря криволинейной форме сектора круга охлаждающая жидкость поступает непосредственно в зону взаимодействия шлифовального круга с заготовкой, что способствует существенному снижению температуры в зоне контакта и снижает до минимума риск возникновения тепловых дефектов. Криволинейный профиль рабочей поверхности режущего выступа при увеличении глубины резания увеличивает и площадь взаимодействия поверхности круга с поверхностью резания. Это, в свою очередь, позволяет использовать один круг на операциях как черновой, так и чистовой обработки.

Снижение контактной температуры в зоне взаимодействия сектора круга с заготовкой способствует уменьшению физико-химического взаимодействия зерен круга с обрабатываемым материалом, вследствие

чего, снижается адгезия и уменьшается вероятность засаливания рабочей поверхности инструмента.

Предварительными исследованиями было зафиксировано увеличение периода стойкости инструмента по сравнению с кругом прерывистой конфигурации примерно в 5 раз (таблица 1).

Таблица 1

Показатели эффективности

Тип круга	Стойкость, мин	Производительность, дет. / час	Стоимость круга, руб.
Прерывистый	10	5	1 300
Круг с криволинейным профилем	50	23	1 400

Исследования в области глубинного шлифования – это новое научное направление в современном машиностроении, являющееся базой для дальнейшего развития науки об абразивной обработке материалов и открывающее особое направление в создании новых эффективных инструментов и высокопроизводительного оборудования. Повышение эффективности обработки за счет глубинного шлифования способствует успешному освоению в машиностроении новых более эффективных материалов, применение которых было затруднено из-за их крайне низкой обрабатываемости. Результатом исследований стал новый прогрессивный способ обработки – глубинное однопроходное шлифование, совмещающее одновременно черновую и чистовую обработку, позволяющее повысить производительность обработки в 1,5-3 раза по сравнению с другими способами шлифования и получать поверхность высокого качества. Надежность и долговечность деталей машин зависят от состояния поверхностного слоя, что в свою очередь, в значительной степени определяется тепловыми процессами, сопровождающими процесс шлифования. Проведенные фундаментальные исследования теплофизики абразивной обработки и способов управления тепловыми явлениями при шлифовании позволили получить аналитические зависимости для расчета температуры в зоне резания в зависимости от режимов обработки, теплофизических и геометрических параметров обрабатываемых деталей и абразивного инструмента.

Существенным способом повышения производительности обработки является увеличение скорости резания при глубинном шлифовании [3]. Особенно это важно при обработке жаропрочных сплавов на никелевой основе.

Снижение температуры в зоне резания (рисунок 2) позволяет увеличивать режимы обработки, тем самым, повышая производительность процесса шлифования.

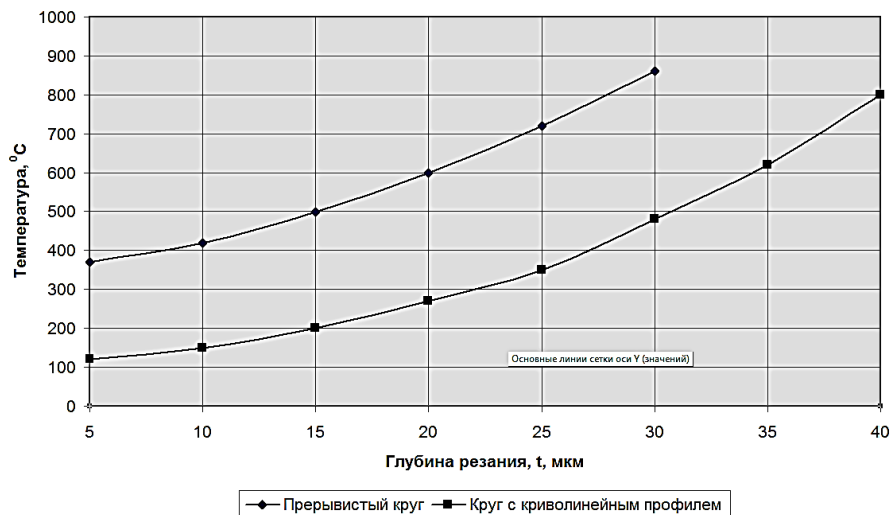


Рисунок 2 – Влияние глубины шлифования на теплонапряженность процесса

Использование шлифовальных кругов с криволинейным рабочим профилем с охлаждением позволило значительно снизить теплонапряженность процесса обработки заготовок из циркониевых сплавов и тем самым избежать возникновения тепловых дефектов на шлифуемых поверхностях.

Таким образом, мы можем сделать вывод, что метод обработки труднообрабатываемых материалов методом шлифования является актуальным и пользуется большой популярностью в промышленности. Многообразие тяжело обрабатываемых материалов предполагает множество способов их обработки, но, как правило, как наиболее высокопроизводительный и окончательный способ обработки таких изделий применяется шлифование.

Список литературы

1. Свитковский Ф.Ю. Колмогоров П.В. К вопросу о температурном поле в абразивном зерне при шлифовании / Ф.Ю. Свитковский, П.В. Колмогоров // Совершенствование процессов обработки металлов резанием / Ижевский механический институт. - Ижевск, 1975. - С. 6-10.
2. Худобин Л.В. Силы шлифования композиционными кругами / Л.В. Худобин, Н.И. Веткасов, С.В. Жогло // Процессы абразивной обработки, абразивные инструменты и материалы: Сборник статей международной научно-технической конференции / Волжский институт строительства и технологий (филиал) ВолгГАСУ. – Волжский, 2004. – С. 125-127.
3. Янкин И.Н. Метод экспериментального исследования динамики процесса внутреннего шлифования / И.Н. Янкин, Г.Г. Иноземцев, В.Ю. Котелевский // Исследования зубообрабатывающих станков и инструментов и процессов резания / Межвуз. Научн. Сб.: СПИ – Саратов, 1984. – С. 38

ОПЫТ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ

*Т.И. Хаметов, профессор, д-р экон. наук заведующий кафедрой
землеустройства и геодезии*

*А.И. Чурсин, доцент, канд. геогр. наук, доцент кафедры землеустройства
и геодезии*

*С.Н. Букин, доцент, канд. экон. наук, доцент кафедры землеустройства
и геодезии*

***Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, Пенза***

Приведен процесс инструментальных наблюдений за осадками зданий и сооружений по материалам работ на Пензенской, Сызранской и Тольяттинской теплоэлектростанциях.

Ключевые слова: инструментальные наблюдения, деформации, здания, сооружения, теплоэлектростанция, эксплуатация, репер, осадочные марки.

В процессе строительства и эксплуатации здания и сооружения подвергаются вертикальным и горизонтальным смещениям, что в свою очередь приводит к различным видам их деформации. Причиной этому являются инженерно-геологические, гидрогеологические условия и физико-механические особенности грунта. Не исключаются и ошибки при проведении инженерных изысканий, проектирования, технологии строительного производства, а также эксплуатации зданий, сооружений и конструкций. Равномерная осадка, вызываемая массой здания сооружения, приводит к одинаковой сжимаемости грунта во всех частях основания под фундаментом. Этот вид деформации не снижает его прочности и устойчивости. Однако превышения предельно допустимой величины осадки приводит к изменению физико-механических свойств основания и нарушению геометрических параметров взаимосвязи здания, сооружения с инженерными коммуникациями, а также к нарушению нормальной работы технологического оборудования. При этом большую опасность представляет неравномерная осадка в результате различной сжимаемости грунта и давления частей здания и сооружения, что вызывает неравномерное смещение над фундаментными конструкциями и, следовательно, их деформацию (осадка, сдвиг, крен, трещины).

Для своевременного предотвращения (предупреждения возникновения) выше указанных деформаций (выявления величины, направления, интенсивности, а также причин, вызывающих этот процесс) необходимо систематически проводить геодезический мониторинг

деформаций, геометрических параметров зданий, сооружений и конструкций. Определенный опыт на протяжении 35 лет и проведения геодезического мониторинга вышеуказанных деформаций зданий сооружений в процессе их эксплуатации, а также деформаций конструкций наземных и надземных подкрановых путей грузоподъемных кранов накоплен кафедрой «Землеустройство и геодезия» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства. Следует подчеркнуть, что характеристики деформаций, влияющие на прочность и долговечность зданий, сооружений и конструкций в основном связаны с их осадками. При этом, основной целью мониторинга геодезическими методами является выявление причин, величин, направления, интенсивности и неравномерности осадки, которые приводят к снижению прочности и устойчивости зданий и сооружений. Так, полученные результаты наблюдения за осадкой фундаментов зданий и сооружений, особенно на объектах повышенной опасности, позволяют прогнозировать дальнейшее развитие процесса деформации и принятие необходимых мер по его предотвращению.

Объектом геодезического мониторинга деформаций являлись здания, сооружения, подкрановые конструкции грузоподъемных кранов, расположенных на территории Пензенской, Сызранской, Тольяттинской и Самарской теплоэлектростанций (ТЭЦ).

Геодезический мониторинг деформаций зданий и сооружений выполнялся в основном методами геометрического нивелирования, которые в отличие от негеодезических методов позволяют получить более достоверную и полную информацию о величинах определяемой осадки объекта. При этом высокоточное нивелирование с длиной луча визирования до 20 м обеспечивает измерение превышений между двумя наблюдаемыми точками с погрешностью 0,1-0,2 мм и со средней квадратической погрешностью не более 0,5 мм. Кроме того, позволяет осуществлять измерения с небольшими материальными затратами и в сложных условиях стройплощадки или действующего предприятия. Однако есть и недостатки этого метода: ограниченная автоматизация измерений; невозможность нивелирования осадочных марок в трудно доступных местах, при насыщенности технологическим оборудованием, трубопроводами и т.п. Наряду с этим, при измерении в стесненных условиях возникает необходимость применения короткой нивелирной рейки, а в условиях наличия газов, потоков теплого воздуха, вибрации и т.п. затрудняется точное взятие отчета по нивелирной рейке.

До начала измерений необходимо разработать рабочую программу с указанием периодичности наблюдения, определиться с геодезическими опорными знаками (реперами, опорными столбами), с геодезическими приборами и приспособлениями в соответствии с требуемым классом точности выполнения измерений, деформационными знаками в

зависимости от конструктивных особенностей стен и несущего каркаса строения, а также произвести их размещение и закладку.

В техническом отчете по итогам измерения деформаций приводятся сводные ведомости результатов измерений отметок и величины осадки марок, схемы нивелирных ходов и их уравнивания, размещения опорных пунктов, деформационных марок, графическое оформление значений деформации и заключение с краткой характеристикой состояния наблюдаемых объектов и рекомендациями по их улучшению.

Нивелирование осадочных марок на резервуарах выполняется методом геометрического нивелирования точностью 2-го класса по общепринятой методике геодезических наблюдений за деформациями сооружений.

При его нивелировании должны соблюдаться следующие требования:

– отклонения от горизонтали контура двух диаметрально противоположных осадочных марок резервуара по нормативам не должна быть свыше допустимого значения (80 мм) для резервуаров вместимостью 2000-20000 м³.

– отклонения от горизонтали наружного контура днища резервуаров для двух соседних осадочных марок не должно быть свыше допустимого значения (40 мм).

Необходимо отметить, что на достоверность данных наблюдения за осадкой объектов во многом влияет выбор места размещения на местности фундаментальных реперов с точки зрения доступности и удобства пользования ими, а также их надежность во всех циклах измерений. С точки зрения удобства для нивелирования и контроля за устойчивостью реперов, размещать их необходимо кустами (2-3 репера) таким образом, чтобы превышения между ними определялись бы с одной установки нивелира при длине визирного луча до реперов не более 50 м. Кроме того, при наблюдении за осадками желательно, чтобы репера были расположены как можно ближе к нивелируемым осадочным маркам объекта, но не ближе предполагаемой зоны активных деформаций, создаваемых весом здания. К зоне активных деформаций относят плоскость, проходящую по грани фундамента под углом 25-30° к вертикали [3]. Исследование показало, что величина этой зоны может быть равна 6-ти кратному размеру основания 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.

К сожалению, на территории тепловых электростанций одиночные репера заложены не кустами, а на значительном расстоянии друг от друга. Например, на территориях Пензенской, Сызранской и Тольяттинской ТЭЦ опорной геодезической деформационной основой, как правило, являются

одиночные репера (в количестве 3-5 штук) расположенные в разных местах с удалением друг от друга и нивелируемых осадочных марок на объектах наблюдения на расстоянии от 0,5 до 2 км.

Конструкция фундаментального репера для нивелирования I-II классов точности, заложена нами для использования в качестве опорной деформационной (геодезической) основы на территории Пензенской ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2 в 2018 и 2019 годах представлена на рисунке 1.

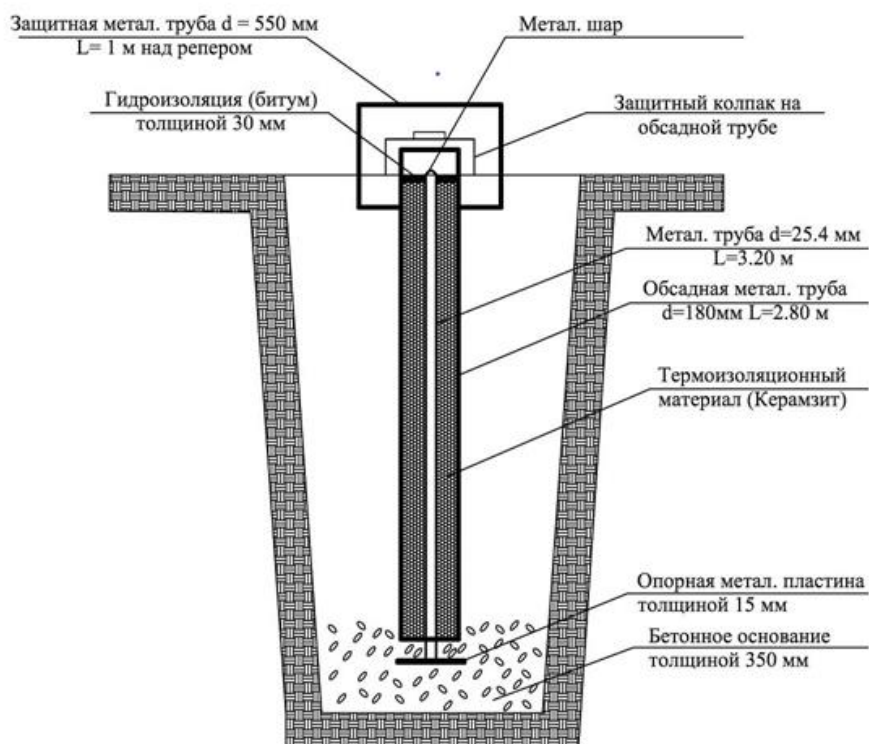


Рисунок 1 – Схема конструкции и устройства фундаментального репера

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 М400).

Верх керамзита межтрубного пространства залит битумом для гидроизоляции (защиты от влаги, паводковых вод и т.п.). Высотный опорный знак огражден защитной металлической трубой с крышкой над отверстием.

Абсолютная отметка фундаментального репера определена методом геометрического нивелирования I-II классов с привязкой к имеющимся фундаментальным реперам на территории ТЭЦ. Плановые координаты репера получены методом спутниковых определений.

Помимо установки фундаментальных реперов и определения осадки зданий и строений на территории ТЭЦ, одним из самых распространенных видов геодезических работ является определение кренов высотных сооружений, в большинстве случаев – дымовых труб.

Основная сложность выполнения работ по определению кренов – проведение измерений в условиях застроенной территории. В ряде случаев на застроенной территории применение способов «вертикального проектирования», «координат», «направлений», «малых углов» [4] невозможно.

Измерение крена предлагается проводить с одной станции комбинированным способом (способ вертикального проектирования + односторонний линейно-угловой способ). Если способ вертикального проектирования широко известен [4], то односторонний линейно-угловой способ необходимо рассмотреть более подробно.

Под односторонним линейно-угловым способом [5] понимается определение крена высокого сооружения (труба, колонна, стена и т. п.) в двух взаимно перпендикулярных направлениях путем выполнения линейных и угловых измерений с одной точки стояния прибора.

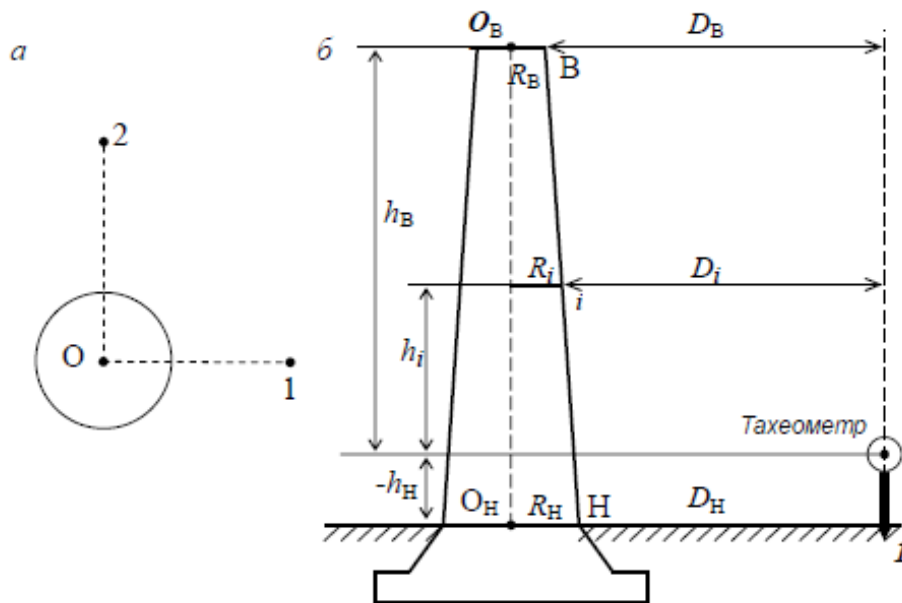


Рисунок 2 – Схема определения крена дымовой трубы путем линейных измерений

Установив тахеометр вначале в точке 1 (рис. 2а), измеряют с помощью горизонтальные проложения D_H и D_B и превышения $-h_H$ и h_B , визируя на низ и верх трубы. Прибавив к каждому D соответствующий радиус трубы R_u и R_B , можно вычислить крен трубы K_i по направлению 1-0:

$$K_i = (D_B + R_B) - (D_H + R_H) \quad (1)$$

Знак плюс K_i означает крен влево, то есть по направлению 1-0, а знак минус – вправо, то есть по направлению 0-1.

Произведя аналогичные измерения с точки 2, можно вычислить по формуле (1) крен трубы K_g по направлению 2-0. Если измерить

горизонтальные проложения Di , до промежуточных сечений, то кроме общего крена могут быть вычислены еще и частные крены трубы.

Радиусы труб определяются дистанционно с помощью тахеометра.

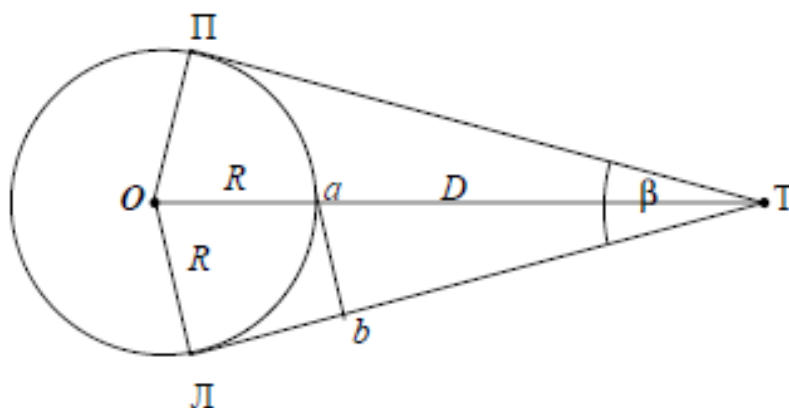


Рисунок 3 – Схема дистанционного способа определения радиуса сооружения круглой формы

Для этого (рис. 3) достаточно установить тахеометр Т на некотором расстоянии от трубы, измерить горизонтальный угол β между ее левой и правой образующими Л и П и измерить горизонтальное проложение $Ta = D$. Тогда из подобия прямоугольных треугольников ОТЛ и аТб можно найти радиус R:

$$R = \frac{D \times \sin \frac{\beta}{2}}{1 - \sin \frac{\beta}{2}} \quad (2)$$

Если в формуле (3) дробное выражение при D разложить в ряд, то получим для радиуса R другую формулу:

$$R = D \left(\sin \frac{\beta}{2} + \sin^2 \frac{\beta}{2} + \sin^3 \frac{\beta}{2} \right) + \dots \quad (3)$$

по которой точность вычисления значения радиуса будет зависеть от количества слагаемых в скобках.

Определение крена трубы производится в несолнечную погоду, либо рано утром для исключения влияния одностороннего нагрева ствола трубы солнцем.

Технология измерений и обработка их результатов, составление отчетных ведомостей, вычисление значений деформаций после каждого периода измерения и их графическое оформление осуществляется в соответствии с требованиями рабочей программы наблюдений и технического задания.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51248-99. Пути наземные рельсовые крановые. Общие технические требования.
2. СО 153-34.21.322-2003. Методические указания по организации и проведению наблюдений за осадкой фундаментов и деформациями зданий и сооружений, строящихся и эксплуатируемых тепловых электростанций.

V Национальная научно-практическая конференция «АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА»

3. Отчет (заключительный) «Проведение инструментальных наблюдений за осадками и деформациями зданий и сооружений филиала "Пензенский" ПАО "Т Плюс"». ФГБОУ ВО ПГУАС 2021 г.
4. ЦНИИОИПП Госстроя СССР. Руководство по определению кренов инженерных сооружений башенного типа геодезическими методами. Москва, 1981 г.
5. Шеховцов Г. А. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений: монография; / Г.А. Шеховцов, Р.П. Шеховцова –Н. Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. ун-т, – 2014,–256 с.
6. Шеховцов Г. А. Современные методы геодезического контроля ходовой части и путей мостовых кранов: монография [Текст]: монография. 2-е изд., переработанное и дополненное / Г.А. Шеховцов, Нижегород. гос. архитектур.-строит. ун.-т. – Н. Новгород ННГАСУ, 2018.– 185 с.

УДК 666.9

ПОВЕРХНОСТНАЯ РЕАКЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ КАЛЬЦИТОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОЧНОСТИ КАРБОНАТНО-ЦЕМЕНТНЫХ ВЯЖУЩИХ

В.С. Юрова, аспирант кафедры «Технологии строительных материалов и деревообработки»

Р.Н. Москвин, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»

А.А. Карташов, доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта»

**Пензенский государственный университет архитектуры
и строительства, Пенза**

Проведен анализ предпосылок повышения физико-механических свойств современных цементных бетонов за счет применения дисперсных карбонатных пород – кальцита, доломита и др. Приведен химизм процессов гидратации цемента с карбонатами кальция.

Ключевые слова: карбонат кальция, вяжущее, морфологическая структура, карбонат кальция, химические соединения.

Начиная с 40-х годов настоящего столетия молотые карбонатные породы начали использоваться в виде дисперсных наполнителей цемента. В последние годы у исследователей вновь появился интерес к карбонатам и их роли в процессе формирования прочности смешанных карбонатно-цементных вяжущих. Все проведенные исследования, посвященные изучению твердения цементов с дисперсными карбонатными наполнителями, глубоко не затрагивают вопросов взаимодействия кристаллов кальцита, доломита и примесей с минералами цемента и продуктами его гидратации. Более высокая прочность сильно наполненных карбонатом кальция цементов, по сравнению с молотым кварцевым песком объясняется многими учеными с позиций химизма, т.е. взаимодействия кальцита с продуктами гидратации цемента хотя он в щелочных средах является высокостабильным химически-инертным соединением, по сравнению с реакционно способным SiO_2 .

Основные современные химические аспекты формирования прочности карбонатно-наполненных цементов:

1. Образование скоутита $6CaO \cdot 6SiO_2 \cdot CaCO_3 \cdot 2H_2O$ - $[Ca_7Si_6O_{18}(CO_3)2H_2O]$ [58,89] за счет внедрения карбоната в структуру гидросиликата.
2. Образование основных карбонатов кальция $CaCO_3 \cdot Ca(OH)_2 \cdot mH_2O$ в присутствии извести и образование гидрокальцитов $CaCO_3 \cdot 6H_2O$.
3. Образование гидрокарбоалюминатов кальция и магния $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3(MgCO_3) \cdot 11H_2O$ и $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaCO_3(MgCO_3) \cdot 31H_2O$ за

счет взаимодействия карбонатов с трехкальциевым алюминатом (гидроалюминатом).

4. Образование гидросульфокарбосиликата кальция (таумасита) $CaO \cdot SiO_2 \cdot CaSO_4 \cdot CaCO_3 \cdot 15 H_2O$ является вторичным минералом и формируется в основном в скарнах и контактно-метаморфизованных породах карбонатного состава. Минерал находится в ассоциации с этtringитом, апофиллитом и цеолитами.

В своей предпосылке Одлер, Скальные, Бруньюер утверждают, что, хотя скоутит и обнаруживается в цементах с добавками карбоната, но роль его в формировании прочности вряд ли может быть существенной. Непосредственные эксперименты в системе «карбонат кальция – гидросиликат кальция» не проводились и вопрос о роли скоутита остался не выясненным.

На возможность образования основных карбонатов кальция в присутствии $Ca(OH)_2$ указывал Волженский А.В., а в присутствии известкового фильтрационного осадка – дефеката сахарного производства – А.В. Крылова и С.Т. Крылов. Однако роль их в формировании твердеющих структур, по нашим сведениям, в литературных источниках не подтверждена. Что касается зафиксированных в структуре цементно-карбонатных и известково-карбонатных твердеющих вяжущих гидрокарбонатов, то по результатам последних исследований молекулярной структуры всех природных породобразующих карбонатов спектроскопическими и резонансными методами доказано вхождение их в структуру как гидроксидов, так и молекулярной воды.

В свете этих данных отмеченное наличие гидрокарбонатов может быть ничем иным, как послонным распределением водных группировок в исходном карбонате кальция. Инфракрасными спектрами, снятыми при фиксированных температурах в условиях непрерывного нагревания до $500^\circ C$, в породобразующих карбонатах установлены топотаксические превращения с образованием промежуточных карбонатных, оксикарбонатных водно-магнезиальных фаз. Таким образом, наличие гидрокарбонатов в структуре карбонатов и затвердевших вяжущих хотя и обнаружено, но о физико-химических свойствах их ничего не известно, равно как влиянию их на формирование прочности. Поскольку для нас прикладной интерес является основным, то необходимы специальные эксперименты, возможно длительные, по изучению кинетики изменения прочности в системе « $Ca(OH)_2 + CaCO_3 + H_2O$ ».

Участие гидрокарбоалюминатов кальция в формировании прочности карбонатно-цементных материалов можно считать бесспорным, когда соотношение между цементом и дисперсным карбонатом находится в пользу первого, а доля C_3A в цементе достаточно высока. Однако можно сомневаться о значении $C_3A \cdot (CaCO_3)_3 \cdot H_{31}$ и $C_3A \cdot (CaCO_3) \cdot H_{10}$, если соотношение между карбонатом и цементом повышается до 3÷4 и выше, то

есть содержание цемента в смеси составляет 20–25%. В этом случае при 4–5% содержания C_3A в цементе доля его в смешанном вяжущем падает до 1%. Кроме того, часто исследователи «фетишизируют» роль гидрокарбоалюминатов, не задумываясь о том, что в цементе всегда имеется гипсовый камень, который образует с C_3A гидросульфоалюминаты кальция. Термодинамическая обусловленность реакции $C_3A + 3(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$, как нами установлено, значительно выше таковой для $C_3A + 3(CaCO_3)$. Дозировку гипса в цементе обычно принимают в зависимости от содержания в нем трехкальциевого алюмината, но не эквивалентного C_3A для образования этtringита. Поэтому лишь остаточное количество C_3A , после израсходования всего гипсового камня в начальной стадии твердения, может вступать в реакцию с карбонатом. Но это остаточное количество обычно составляет менее половины от массового содержания фелита, равномерно распределенного по всему объему зерна цемента.

Рассмотренные теоретические гипотезы различных вкладов образующихся соединений на формирование прочности наполненного цемента относятся к реакциям чистого кальцита, хотя в экспериментах использовались известняки или техногенные отходы. Известняки, как правило содержат в своем составе доломит и поэтому доля $MgCO_3$ даже в известняках для производства кальциевой извести доходит до 5%. Все это может менять действительную картину твердения цементов, наполненных «чистыми» кристаллическими известняками, известняками с большим содержанием природных примесей и доломитизированными известняками.

Говоря о возможном химическом взаимодействии продуктов гидратации цемента с карбонатом кальцитом, исследователи не принимают во внимание особое разнообразие в кальците форм кристаллов и пропорций ограничивающих его сторон, иными словами разнообразие габитусов кристаллов кальцита. Еще Гальдшмидт в своем 18-ти томном «Атласе кристаллов» в 1913–1923 годах указал, что для кальцита и пирита число их достигает нескольких тысяч. Более 700 известных габитусов кристаллов кальцита и их номенклатура даны в работе. Являясь почти рекордсменом по разнообразию габитусов кристаллов, кальцит, часто не являясь химическим реакционным соединением, служит хорошей эпитаксиальной подложкой для наращивания на его кристаллах не только неорганических соединений, но и адсорбции органических веществ.

Разнообразие граней кристаллов кальцита, различной глубины поверхностного слоя ненасыщенных связей, а, следовательно, разной поверхностной энергии граней при минимальной общей поверхностной энергии кристалла в соответствии с условием Гиббса-Кюри определяет более чем трехкратное различие в размерах межатомных связей на гранях кальцита, избирательную адсорбцию примесей, их взаимодействие со средой при доступе питающего материала. Известно, что две химически

различающиеся разновидности могут образовывать синтаксически сросшиеся поликристаллы при следующих условиях:

- отсутствию полных твердых растворов;
- подобии кристаллических структур;
- общей псевдоячейки кристаллической решетки, размеры которой могут варьировать лишь на несколько процентов от одного содержания к другому.

Таким образом, термин «зародыш кристаллизации» для кристаллов кальцита наиболее приемлем, и при использовании тонкодисперсного и достаточно чистого карбоната кальция в вяжущих он может служить хорошей подложкой для многих инородных соединений.

Различные грани кристаллов кальцита обладают высокой адсорбирующей способностью к органическим веществам.

Геометрический анализ структуры кальцита и впервые описанная тонкая структура 29 граней кристалла кальцита, с расстояниями между атомами до 20 Å и выявление кристаллографических особенностей нескольких десятков других граней позволили установить наиболее сильное химическое взаимодействие между гранями кристалла и некоторыми представителями алифатических и ароматических молекул различного состава. Установлено, что грани кальцита, находящиеся в диффузном потоке раствора, растут быстрее, чем другие грани.

Проведенный анализ особой морфологической структуры карбоната кальция позволяет нам высказать несколько гипотез относительно предпочтительного использования его как сильного поверхностно-реакционного наполнителя и кристаллической затравки.

1. Карбонат кальция может проявлять химическую активность не только исходя из известных химических соединений его с гидросиликатами кальция, известью и трехкальциевым алюминатом, но и с разными синтаксически и эпитаксически наращиваемыми на грани кристаллов веществами.

2. Для условий проявления изоморфизма химических соединений с кальцитом наличие более обводненных условий в смешанном вяжущем может быть более благоприятным для протекания реакций взаимодействия и твердения, нежели стесненные, например, в прессованных системах.

3. Карбонат кальция может в паре с суперпластификатором служить сильным синергетически действующим соединением для повышения водоредуцирующего эффекта в смешанном вяжущем.

4. Немаловажным фактором, как мы полагаем, является наличие глинистых примесей и тонкодисперсного кварца, которые более активно будут реагировать с продуктами гидратации цемента. В связи с этим, загрязненные карбонатные породы (2 и 3 сорта) могут быть более эффективны, нежели чистые, на что мы ориентировались в своих исследованиях.

Список литературы

1. Решетников М.А. Проектирование состава смешанных цементов // *Промышленность строительных материалов*. – 1940. – №6. – с. 14–16.
2. Товаров В.В. Влияние удельной поверхности цементов на механическую прочность цементов с микронаполнителями// *Цемент* – 1949. – №3. – с. 9–12.
3. Юнг В.Н. и др. Об использовании карбонатных пород кальция в качестве добавок к портландцементу // *Промышленность строительных материалов*. – 1940. – №2. – с. 18–19.
4. Дегтярева М.М. Технология и свойства бетона с бинарными наполнителями «кварц–известняк»: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1995. – 147с.
5. Крылова А.В., Крылов Т.С. Исследование возможности использования карбонатных отходов сахарного производства (дефеката) в строительстве. *Материалы международной НТК «Современные проблемы строительного материаловедения»*: Казань, 1996, с. 71–73.
6. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества. – Четвертое издание, переработанное и дополненное. – М.: Стройиздат, 1986. – 464 с.
7. Соломатов В.И., Кононова О.В. Особенности формирования свойств цементных композиций при различной дисперсности цементов и наполнителей // *Известия вузов. Строительство и архитектура*. – 1991. – № 5. – с. 41–45
8. Смолин П.П., Заборова Т.А. Конституционное состояние и роль групп $ОН_n$ в кальците, доломите и магнезите при температурах до 500°C по данным инфракрасных спектров кристаллов / *Изв. АН СССР, сер. Геология*, №8, 1986, с. 246.
9. Dana E.S. *System of mineralogy*. Vol. 3, New York, Willy, 1962, p. 334.
10. Рояк С.М., Школьник Я.Ш., Оринский Н.В. К вопросу о взаимосвязи структуры доменных шлаков с их вяжущими свойствами // *Известия вузов. Строительство и архитектура*. – 1969. – №10. – с. 12–15.
11. Цементные бетоны с минеральными наполнителями /Л.И. Дворкин, В.И. Соломатов, В.Н. Выровой, С.М. Чудновский; Под ред. Л.И. Дворкина. – К.: Будивельник, 1991. – 136 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	3
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ ГОРНЫХ ПОРОД ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДЕКОРАТИВНОГО БЕТОНА.....	4
<i>К.А. Еличев, И.Н. Петровнина, М.В. Михеев</i>	
АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ЗОНЕ ОТКРЫТОГО ЗОНТА НАД ПОДСВЕЧНИКОМ В ПРАВОСЛАВНЫХ ХРАМАХ.....	11
<i>А.И. Еремкин, А.Г. Аверкин, А.А. Мишин, А.В. Мочалов, И.К. Пономарева</i>	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСОЛЬНЫХ ОПОР РИГЕЛЕЙ МНОГОЭТАЖНЫХ КАРКАСОВ, АРМИРОВАННЫХ СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ ФИБРОЙ.....	18
<i>В.А. Комаров, Д.В. Еркин</i>	
НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИОПОРНОЙ ЗОНЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ БАЛОК С ПОДРЕЗКОЙ.....	23
<i>В.А. Комаров, О.В. Болдырева, А.Ю. Трегуб, Д.В. Еркин</i>	
ВЛИЯНИЕ ДОЗИРОВКИ И ДИСПЕРСНОСТИ ИЗВЕСТНЯКОВОЙ МУКИ НА УСАДКУ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА.....	27
<i>М.О. Коровкин, Н.А. Ерошкина, А.А. Короткова, С.М. Саденко, Е.С. Рожкова</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ОТСЕВА ДРОБЛЕНИЯ БЕТОННОГО ЛОМА В ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЕТОНОВ.....	31
<i>М.О. Коровкин, Н.А. Ерошкина, А.В. Дружинин, Ю.А. Сарабьева, Е.С. Рожкова</i>	
ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ В ИМИТАТОРЕ АВИАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА.....	35
<i>О.А. Кувшинова</i>	
ВАРИАНТ РЕКОНСТРУКЦИИ СИСТЕМЫ ГАЗОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ КОТЕЛЬНОЙ.....	40
<i>С.Г. Прохоров, Е.В. Казаков</i>	
ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УСИЛИЯ ПРИ ЗАТЯЖКЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ.....	44
<i>Ю.В. Родионов, Д.А. Коршунов, О.А. Молчан</i>	
КОНСТРУКЦИЯ И РАСЧЕТ УСТРОЙСТВ ДЛЯ АЭРАЦИИ И РЕЦИРКУЛЯЦИИ ВОДЫ И ОСАДКА В КАМЕРАХ ХЛОПЬЕОБРАЗОВАНИЯ СТАНЦИИ ВОДОПОДГОТОВКИ Г. ПЕНЗЫ .	48
<i>С.М. Салмин, Е.А. Титов, В.О. Борискин, А.Р. Тужиков</i>	

**ПРОБЛЕМЫ ШЛИФОВАНИЯ ТРУДНООБРАБАТЫВАЕМЫХ
МАТЕРИАЛОВ..... 52**

Ю.В. Тарашевская, И.Н. Янкин

**ОПЫТ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАБЛЮДЕНИЯ
ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ
И СООРУЖЕНИЙ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ..... 56**

Т.И. Хаметов, А.И. Чурсин, С.Н. Букин

**ПОВЕРХНОСТНАЯ РЕАКЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ КАЛЬЦИТОВ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПРОЧНОСТИ КАРБОНАТНО-ЦЕМЕНТНЫХ
ВЯЖУЩИХ..... 63**

В.С. Юрова, Р.Н. Москвин, А.А. Карташов

Научное издание

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ И ПРАКТИКИ
В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА
Секция 5 – Технические науки

Сборник докладов V Национальной научно-практической конференции
30-31 марта 2022 г.

В авторской редакции

Ответственный за выпуск

Е.А. Белякова

Верстка

Е.А. Белякова

Подписано в печать 22.04.22. Формат 60×84/16

Бумага офсетная. Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 4,07. Уч.-изд. л. 4,38. Тираж 80 экз.

Заказ №181

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза ул. Г. Титова, 28.