

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

## **МЕХАНИКА ПРОЧНОСТИ, ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебно-методическое пособие

для студентов направления подготовки 08.03.01  
"Строительство", профиля "Технология и применение  
строительных материалов, изделий и конструкций"

Воронеж-2019

УДК 666.9.07(07)  
ББК 38.3 - 022Я7  
М56

*Рецензенты:*

**Авторский коллектив:**

*Е.И. Шмитько, С.П. Козодаев, Н.А. Белькова, Т.Ф. Ткаченко*

**М56** **Механика прочности, основы научных исследований:** учебно-метод. пособие/ Е. И. Шмитько [и др.]; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». – Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. – с.

ISBN

Изложены указания и рекомендации по содержанию и последовательности выполнения курсового проекта. Дан порядок оформления отчета о научно-исследовательской работе в курсовом проекте и заявки на выдачу патента на предполагаемое изобретение, а также порядок защиты курсового проекта.

Приведена последовательность выполнения лабораторных работ по основным разделам курса «Механика прочности, основы научных исследований». Для каждой лабораторной работы указаны цель работы, приведены: соответствующие теоретические положения, порядок проведения экспериментальных исследований, способы обработки результатов.

Предназначены для студентов направления подготовки (специальности) 08.03.01 «Строительство», профиль (специализация) «Технология и применение строительных материалов, изделий и конструкций» и для студентов направления подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль «Перспективные технологии и экспертиза качества строительных материалов».

Ил. 47. Табл. 18. Библиогр.: 25 назв.

**УДК 666.9.07(07)**  
**ББК 38.3 - 022Я7**

*Печатается по решению учебно-методического совета Воронежского государственного технического университета*

ISBN

© ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2019

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее учебно-методическое пособие составлено в соответствии с учебными планами подготовки бакалавров направления подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Технология и применение строительных материалов, изделий и конструкций» и направления подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», профиль «Перспективные технологии и экспертиза качества строительных материалов». В плане подготовки студентов 3-го курса дневной формы обучения и 4-го курса заочной формы обучения.

Курсовая научно-исследовательская работа (НИР) наряду с лабораторными занятиями исследовательского характера является важной формой творческого обучения студентов. При этом ставится задача закрепления на практике методических принципов планирования, постановки и проведения научных исследований, получения и обработки их результатов, углубления знаний по наиболее важным вопросам технологии строительных материалов и изделий, ставится также задача приобщить студентов к оформлению результатов научных исследований в виде заявки на выдачу патента на предполагаемое изобретение.

Учебно-методическое пособие ориентировано на приобретение студентами навыков научных исследований путем привлечения каждого студента к выполнению реальных научных исследований на базе кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций строительного факультета Воронежского государственного технического университета. Для студентов, проявляющих склонность к исследовательской работе, выполнение курсовой НИР перерастает в более активные формы: работа в рамках студенческого научного общества, участие в конкурсах студенческих научных работ и входит составной частью в выпускную квалификационную работу с элементами научных исследований.

Практическую основу научных исследований могут составлять разновидности строительных материалов, виды и дозировки минеральных и химических добавок, технологические режимы и параметры приготовления различных смесей, обоснование технологического оборудования и т. п. Особое значение придаётся рассмотрению оптимизационных задач, которые могут реализовываться в технологии строительных материалов и изделий [6].

Для более глубокого освоения данной дисциплины в учебно-методическом пособии приведены краткие теоретические сведения, примеры и справочные материалы, касающиеся тематики лабораторных работ.

Лабораторные работы рассчитаны на 36 часов аудиторных занятий.

При выполнении лабораторных работ студент должен изучить и освоить методики неразрушающих и разрушающих методов определения прочности различных строительных материалов, подготовки представительных проб для физико-химических, рентгенофазовый и дифференциально-термический анализов строительных материалов.

Для закрепления полученных знаний и умений предусмотрены деловые игры, связанные с совершенствованием технических объектов как результата технического творчества.

Лабораторные работы носят исследовательский, познавательный характер. При подготовке и при выполнении лабораторных работ студентам следует использовать настоящее учебно-методическое пособие, конспект лекций по изучаемой дисциплине, рекомендованные литературные источники.

По выполненным лабораторным работам составляются отчеты, в которых необходимо представить название работы, ее цель, дать характеристику используемых материалов и методику выполнения работы, привести результаты работы с анализом полученных данных и сделать выводы по работе.

Каждая работа оформляется и защищается до начала выполнения очередной лабораторной работы.

## **КУРСОВАЯ НИР**

### **1 СОДЕРЖАНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

При выполнении курсовой научно – исследовательской работы основной целью является научить студента правилам и методикам выполнения научных исследований. Так же в ходе работы студенту прививаются навыки правильного оформления отчетов по НИР. Состав и содержание курсовой НИР, правила его оформления должны соответствовать ГОСТ 7.32-2017 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления» [1].

Основными этапами выполнения экспериментальной научно-исследовательской работы являются:

**1 этап.** Анализ литературных данных по состоянию проблемы исследований и актуальности темы исследования.

**2 этап.** Формулировка цели и задач исследования.

**3 этап.** Выбор или разработка методики проведения исследования, планирование эксперимента.

**4 этап.** Проведение экспериментальных исследований и обработка полученных результатов.

**5 этап.** Анализ результатов исследований и формулировка выводов и предложений.

**6 этап.** Оформление отчета по НИР и его защита.

Так же одним из результатов выполнения экспериментальных или информационных исследований может быть оформление заявки на выдачу патента на предполагаемое изобретение.

#### **1.1 ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ**

На начальном этапе работы определяется актуальность заданной темы исследований. Основным критерием актуальности темы является востребованность результатов исследований для промышленного производства строительных материалов, изделий и конструкций. Так же одним из направлений исследований может быть разработка методов оценки свойств строительных материалов. При определении актуальности исследований вначале указываются основные научные и практические проблемы в производстве или применении рассматриваемых строительных материалов и конструкций. Эти материалы представляются во вводной части отчета по НИР.

Изучение состояния вопроса по выбранной тематике осуществляется путем анализа информационных источников. Состав и объем изучаемых информационных источников определяется в результате литературного поиска с уче-

том рекомендации научного руководителя. В результате изучения информации по теме исследования формируется первая часть научного отчета по НИР. В этой части дается полное систематизированное изложение состояния изучаемого вопроса, включающее в себя, во-первых, результаты исследований ведущих ученых, работающих по данному вопросу; во-вторых, выявленные в ходе анализа недочеты и недостатки имеющихся исследований; в-третьих, новые идеи и пути решения поставленной проблемы.

Построение и научная направленность аналитического материала должны быть такими, чтобы дальнейшие цель и задачи проводимого исследования рассматривались как логический итог представленного литературного обзора.

## **1.2 ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Основным результатом анализа литературы является формулировка **целей** и **задач** исследований. Цель исследований должна содержать желаемый конечный результат. Задачи исследований конкретизируют поставленную цель и разбивают ее на отдельные этапы. Их формулировка обычно представляются в краткой, тезисной форме.

## **1.3 ВЫБОР (РАЗРАБОТКА) МЕТОДИКИ, ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Так как исследования в курсовой НИР, как правило, носят экспериментальный характер, то, прежде всего, необходимо выбрать, или самому разработать методику проведения экспериментальных исследований. Для этого выявляют основные детали исследований, к которым относятся:

1. вид и характеристика сырьевых материалов;
2. перечень определяемых свойств материала и методики их определения;
3. характеристики экспериментальных образцов и их количество;
4. вид и метрологические характеристики используемых средств измерений (приборов и оборудования).

Также при разработке методики студент должен оценить возможность использования активных методов математического планирования экспериментов, в первую очередь, методов оптимизации принимаемых решений.

В итоге разрабатывается общая стратегия эксперимента, то есть общий план научного поиска. Это позволяет более детально и аргументировано подойти к составлению рабочей программы экспериментальных исследований.

В целом данный раздел НИР должен содержать следующую информацию:

- принятый план выполнения экспериментов (в виде таблиц, алгоритмов, программ и т.п.);
- характеристику используемого сырья, реактивов и методы их предварительной подготовки;

- подробное изложение и обоснование методик выполнения исследований (нормативных или разрабатываемых);
- способы оценки точности и достоверности экспериментальных данных.

Данный перечень может быть изменен или дополнен в соответствии с содержанием конкретной НИР.

#### **1.4 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ**

Экспериментальные исследования проводятся в строгом соответствии с планом эксперимента по принятым методиками. Результаты экспериментальных исследований представляются в виде текстового описания с использованием таблиц, рисунков, диаграмм, фотографий и других наглядных изображений и, наконец, математических уравнений, алгоритмов и т.п.

Для полученных результатов исследований в виде цифрового (табличного) материала, выполняется статистическая оценка достоверности. При этом определяются следующие статистические показатели:

1 оценка математического ожидания результата испытания (среднее значение результатов);

2 среднее квадратичное отклонение;

3 коэффициент изменчивости при заданной вероятности (принимается равной для технических расчетов 0,95, и числе степеней свободы  $\nu = n - 1$ , где  $n$  – число образцов для испытаний);

4 доверительный интервал изменения математического ожидания.

Так же необходимо учитывать, что оценку достоверности можно проводить лишь при испытании определенного минимума числа образцов –  $n$  (в среднем принимается выборка в 6 образцов).

В заключении результаты исследований для большей наглядности представляются в графической и аналитической формах. Графики зависимостей полученных свойств от заданных факторов строятся с помощью стандартных программ (Microsoft Excel, AutoCAD, CorelDRAW).

Для получения аналитических зависимостей обычно используют метод наименьших квадратов. В современных ЭВМ он реализован в виде типовых программ (Microsoft Excel, Mathcad). При обработке результатов активных однофакторных экспериментов аналитические зависимости имеют вид следующих функций:

- линейная:  $y = b_0 + b \cdot x$ ;
- степенная:  $y = b \cdot x^n$ ,  $y = b \cdot x^a$ ;
- показательная:  $y = b \cdot a^x$ ;
- экспоненциальная:  $y = b \cdot e^{dx}$ .

При постановке и обработке результатов активных многофакторных экс-

периментов функция отклика имеет вид полинома определенной степени. Например, для К- факторного эксперимента эта функция будет иметь вид:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_k \cdot x_k + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2 + \dots + b_{k-1,k} \cdot x_{k-1} \cdot x_k + b_{11} \cdot x_1^2 + \dots + b_{kk} \cdot x_k^2,$$

где  $k$  – количество переменных;

$b_0, b_1, b_2, b_k, b_{12} \dots b_{k-1,k}, b_{11} \dots b_{kk}$  – коэффициенты полинома.

Для оценки адекватности полученной математической модели и значимости коэффициентов уравнения используют методы дисперсионного анализа.

Полученные результаты исследований должны быть проанализированы и в текстовой части раздела необходимо изложить весь описательный и информационный материал, который дает логичное объяснение полученным результатам. При этом необходимо следовать предложенным в пункте 1 (см. подраздел 1.1. «Изучение состояния вопроса и оценка актуальности исследований») гипотезам и научным предпосылкам исследований.

Следует также обратить особое внимание на то, что исполнитель, оформляя этот раздел, не должен беспристрастно перечислять полученные факты; весь материал должен быть подчинен определенной, ранее высказанной научной идее и содержать научный анализ полученных данных [6].

## **1.5 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ФОРМУЛИРОВКА ВЫВОДОВ И ПРЕДЛОЖЕНИЙ**

В этом разделе полученные при выполнении научно-исследовательской работы результаты излагаются в четкой и сжатой форме – форме выводов и предложений. Предварительно делается краткий анализ этих результатов, желательно с оценкой технико-экономической эффективности предлагаемых решений.

Основные результаты исследований могут быть представлены в следующих видах: новых научных данных, результатов разработки новых методов исследований, получение качественных характеристик объектов и явлений, рекомендаций по технологии производства изделий, алгоритмов и программ контроля или разработки материалов, изготовление опытных образцов (макетов) изделий, материалов, проектов новых технологических режимов, процессов. Так же выводы по НИР могут содержать рекомендации или акты о внедрении результатов исследований в производство, получение других положительных итогов.

В ходе анализа необходимо решить, какие результаты исследования могут быть приняты в дальнейшем как основа заявки на выдачу патента на предполагаемое изобретение (патентная проработка).

При получении отрицательных результатов исследований указываются возможные причины этого, а также предложения по дополнительным исследованиям.

## **2 ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ**

Отчет о НИР – научно-технический документ, который содержит систематизированные данные о научно-исследовательской работе и описывает результаты научного исследования.

Общие требования к структуре отчета и правилам его оформления изложены в ГОСТ 7.32-2017 [1]. Некоторые основные положения этого документа представлены в данных методических указаниях [6].

### **2.1 СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОТЧЕТА ПО НИР**

Основными (обязательными) структурными элементами отчета о научно-исследовательской работе являются:

- титульный лист (прил. А);
- список исполнителей;
- реферат;
- содержание;
- введение;
- основная часть отчета о НИР;
- заключение;
- список использованных источников;
- приложения [6].

### **2.2 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ ОТЧЕТА ПО НИР**

#### ***2.2.1 Титульный лист***

На первой странице отчета по НИР размещают титульный лист. На нем отражается информация, необходимая для обработки и поиска документа. Пример оформления титульного листа показан в прил. А.

#### ***2.2.2 Реферат***

Реферат к отчету по НИР представляет собой краткие сведения о выполненной работе. При чем этих сведений должно быть достаточно для формирования общего представления о содержании проведенных исследований.

Реферат должен содержать следующую информацию:

- сведения об объеме отчета по НИР, количестве рисунков, таблиц, использованных источников, приложений;
- ключевые слова (от 5 до 15 слов или словосочетаний, которые в

наилучшим образом характеризуют содержание отчета по НИР и обеспечивают возможность информационного поиска; ключевые слова приводятся в именительном падеже; пишутся строчными буквами в строку через запятые);

- текст реферата.

Пример составления реферата приведен в прил. Б.

### ***2.2.3 Содержание***

Оформляется на отдельном листе и включает наименование следующих разделов отчета [6]:

- основную часть в виде наименования всех разделов, подразделов, пунктов (если они имеют название):
  - аналитический обзор (состояние вопроса);
  - цель и задачи исследования;
  - методика исследования;
  - результаты исследования;
- заключение;
- список использованных источников и наименование приложений (если они имеются в отчете).

### ***2.2.4 Заключение***

Заключение должно содержать:

- краткие выводы по результатам выполненной НИР или отдельных ее этапов;
- оценку полноты решений поставленных задач;
- разработку рекомендаций и исходных данных по конкретному использованию результатов НИР;
- результаты оценки технико-экономической эффективности внедрения;
- результаты оценки научно-технического уровня выполненной НИР в сравнении с лучшими достижениями в этой области.

### ***2.2.5 Список использованных источников***

Список должен содержать сведения об источниках, использованных при составлении отчета о НИР [6]. Сведения об источниках следует располагать в порядке появления ссылок на источники в тексте отчета, нумеровать их арабскими цифрами в квадратных скобках и записывать с абзацного отступа. Описание источников должно оформляться в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание» [2]. Образец оформления библиографических списков представлен в прил. Г.

## **2.2.6 Приложения**

В приложения выносятся следующие материалы:

- промежуточные математические расчеты (например, результаты обработки полученных данных в виде больших таблиц);
- вспомогательные данные в табличной форме;
- описания средств измерений и приборов, применяемых в ходе экспериментальных исследований;
- методики проведения исследований, разработанные в ходе выполнения научно-исследовательской работы;
- рекомендации и технологические регламенты производства и применения разработанных материалов;
- акты внедрения НИР.

Приложения оформляют как продолжение отчета, причем в тексте отчета должны быть ссылки на все приложения.

Каждое приложение следует начинать с новой страницы с указанием наверху посередине страницы полужирным шрифтом слова «Приложение». Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с буквы А. Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично относительно текста с прописной буквы отдельной строкой [6].

## **2.3 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА ПО НИР**

### **2.3.1 Общие требования**

Отчет о НИР оформляется на белой бумаге формата А4 с соблюдением следующих размеров полей: правое – 15 мм, верхнее и нижнее – 20 мм, левое – 30 мм.

При оформлении отчета необходимо соблюдать равномерную плотность (без разряжения или уплотнения шрифта) текста, изображения должны быть четкие, читаемые, хорошо просматриваемые.

Фамилии, названия учреждений, фирм, изданий и другие имена собственные в отчете приводят на языке оригинала. Допускается приводить названия в переводе на язык отчета с добавлением (при первом упоминании) оригинального названия.

Текст отчета может быть представлен как в рукописном исполнении, так и в печатном исполнении [6].

### **2.3.2 Построение отчета**

Отчет по НИР должен соответствовать содержанию (п. 2.2.3). Основные разделы отчета (введение, аналитическая часть, результаты исследований и т.д.)

начинаю с отдельных листов. Заголовками разделов отчета служат наименования структурных элементов.

Точки после номера разделов, подразделов, пунктов не ставят.

Заголовки разделов и подразделов пишут с прописной буквы без точки в конце, не подчеркивая, с абзацным отступом. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой [6].

### ***2.3.3 Нумерация страниц отчета***

Нумерация страниц отчета должна быть сквозной, для нее используются арабские цифры. Номер страницы размещают нижней части листа по центру без точки.

При этом титульный лист входит в общую нумерацию страниц отчета, но номер страницы на нем не проставляют.

Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных листах, включают в общую нумерацию страниц отчета [6].

### ***2.3.4 Нумерация разделов, подразделов, пунктов и подпунктов отчета***

Все разделы отчета должны иметь порядковую нумерацию в пределах всего текста, за исключением приложений. Пример – 1, 2, 3 и т.д.

Номер подраздела (пункта) включает номер раздела и порядковый номер подраздела (пункта), разделенные точкой. Пример – 1.1, 1.2, 1.3 и т.д.

Пример. Нумерация пунктов первого раздела отчета.

1 Название первого раздела

1.1 Нумерация пункта первого раздела.

Если отчет имеет подразделы, то нумерация пунктов должна быть в пределах подраздела и номер пункта должен состоять из номера раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, например:

1 Название первого раздела

1.1 Название первого подраздела первого раздела

1.1.1 Нумерация пунктов первого подраздела первого раздела отчета.

Пункты, если это необходимо, могут быть разбиты на подпункты, которые должны иметь порядковую нумерацию в пределах каждого пункта, например: 4.2.1.1, 4.2.1.2 и т.д.

Если внутри пунктов имеются перечисления, то перед каждым перечислением надо ставить дефис или строчную букву, после которой ставится скобка. При дальнейшей детализации перечислений используются арабские цифры со скобкой, причем запись производится с использованием абзацного отступа.

Пример.

а) \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

- 1) \_\_\_\_\_  
2) \_\_\_\_\_  
в) \_\_\_\_\_ .

При составлении отчета каждый структурный элемент следует начинать с нового листа (страницы) [6].

### ***2.3.5 Иллюстрации***

В отчете по НИР приводятся иллюстрации, к которым относятся чертежи, графики, схемы, фотоснимки и т.п.. Иллюстрации (рисунки) в тексте отчета располагают непосредственно после текста, где они упоминаются впервые, или на следующей странице.

Иллюстрации нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией относительно всего отчета или сквозной нумерацией в пределах отдельного раздела. При ссылках на иллюстрации следует писать «... в соответствии с рис. 2», или «... в соответствии с рис. 1.2».

Если рисунок один, то он обозначается «Рисунок», причем это слово располагается посередине строки так же, как и название рисунка.

Подписи к рисункам располагаются под ними, посередине. Пояснения к рисунку располагают перед наименованием рисунка. При этом между словом «Рисунок» и его названием ставится тире. Например:

*Рисунок 2.3 – Зависимость прочности бетона от расхода добавки*

### ***2.3.6 Таблицы***

Полученный в ходе экспериментов цифровой материал оформляют в виде таблиц, которые удобно применять для сравнения показателей и наглядности. Название таблицы помещается над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире. Например:

*Таблица 2 – Результаты испытания образцов*

В случае переноса части таблицы слово «Таблица» и ее номер и наименование помещают только над первой частью таблицы. Над остальными частями таблицы (на других листах) пишут слово «Продолжение таблицы» и указывают ее номер, например «Продолжение таблицы 1».

Пример оформления таблицы приведен в прил. В.

Таблицы располагают в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице, при этом в отчете должны быть ссылки на все приведенные таблицы.

Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками, если слов два и более, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее – кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, зна-

ков, символов, марок не допускается. Если какие-либо данные в строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

Таблицы в отчете нумеруются арабскими цифрами сквозной нумерацией, хотя допускается нумеровать таблицы в пределах раздела.

Если в отчете одна таблица, то она должна быть обозначена «Таблица» или «Таблица П.В», если она приведена в прил. В.

Заголовки граф и строк в таблице пишутся с прописной буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной, если они составляют единое предложение с заголовком, или с прописной, если они имеют самостоятельное значение. В конце заголовков и подзаголовков таблиц точки не ставят. Таблицу, как правило, ограничивают линиями со всех сторон; горизонтальные и вертикальные линии, разграничивающие строки таблицы, допускается не проводить [6].

### ***2.3.7 Формулы и уравнения***

Формулы и уравнения выделяются из текста в отдельную строку. Пояснение значений символов и числовых коэффициентов следует приводить под формулой в той же последовательности, в которой они даны в формуле или уравнении.

Формулы и уравнения в отчете нумеруют порядковой нумерацией в пределах всего отчета арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Если в отчете всего одна формула, её нумеруют и обозначают (1). Ссылки на формулы в тексте отчета дают в скобках. Пример - ... в формуле (1).

Допускается нумерация формул в пределах раздела. В этом случае номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы, разделённых точкой (например, 3.1).

### ***2.3.8 Ссылки***

Ссылаться в отчете следует на документ в целом или на его разделы и приложения. Ссылки на таблицы, иллюстрации, подпункты и пункты не допускаются, за исключением данного отчета.

При ссылках на технические условия и стандарты указывают их обозначение; год их утверждения можно не указывать при условии полного описания стандарта или технического условия в списке использованных источников.

Ссылки на использованные источники следует приводить в квадратных скобках [6].

### 2.3.9 Список использованных источников

Сведения об использованных источниках следует располагать в порядке появления ссылок на эти источники в тексте отчета и нумеровать арабскими цифрами без точки, с использованием абзацного отступа [6].

Примеры библиографических описаний для составления библиографических списков к различным видам изданий представлены в прилож. Г.

## 3 ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ ОТЧЕТА ПО НИР

Заключительным этапом выполнения курсовой работы является защита оформленного в соответствии с требованиями настоящих методических указаний отчета по научно-исследовательской работе. Порядок защиты курсовой работы следующий: студент, выполнивший работу, докладывает полученные результаты комиссии из 2-3 преподавателей во главе с руководителем, затем следуют ответы на поставленные вопросы.

Лучшие научно-исследовательские работы выносятся в качестве докладов на научную студенческую конференцию университета.

Дифференцированная оценка по защите результатов выполнения курсовой научно-исследовательской работы проставляется научным руководителем в зачетную книжку [6].

## 4 ОФОРМЛЕНИЕ ЗАЯВКИ НА ВЫДАЧУ ПАТЕНТА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

Одним из результатов или вариантом выполнения курсовой НИР может быть оформление заявки на выдачу патента на предполагаемое изобретение.

**Изобретение** наряду с *полезной моделью, промышленным образцом и товарным знаком* является одним из элементов *промышленной собственности*.

**Изобретением** признается новое и обладающее существенными отличиями техническое решение задачи в любой области народного хозяйства, социально-культурного строительства или обороны страны, имеющее положительный эффект.

Изобретению предоставляется *правовая охрана*, если оно является *новым*, имеет *изобретательский уровень* и *промышленно применимо*.

Изобретение имеет *изобретательский уровень*, если оно для специалиста явным образом не следует из *уровня техники*. *Уровень техники* включает любые сведения, ставшие общедоступными в мире до даты приоритета изобретения.

Изобретение является *промышленно применимым*, если оно может быть использовано в промышленности, сельском хозяйстве, здравоохранении и других отраслях деятельности.

Определение *объекта изобретения* проводят в соответствии со следующими рекомендациями.

*Объектами изобретения* могут являться *устройство, способ, вещество, штамм микроорганизма* (штамм микроорганизма – чистая культура микроорганизмов одного вида, у которого изучены морфологические и физиологические особенности), *культуры клеток растений и животных*, а также *применение* известного ранее устройства, способа, вещества *по новому назначению* [7].

*Объект изобретения – устройство*; к устройствам относятся конструкции и изделия.

*Объект изобретения – способ*; к способам относятся процессы выполнения действий над материальным объектом с помощью материальных объектов.

*Объект изобретения – вещество*; к веществам относятся:

- а) индивидуальные химические соединения, к которым также условно отнесены высокомолекулярные соединения и объекты генной инженерии;
- б) композиции (составы, смеси).

*Объект изобретения – штамм микроорганизма, культуры клеток растений и животных*; к штаммам микроорганизмов, культуры клеток растений и животных относятся:

- а) индивидуальные штаммы микроорганизма, культуры клеток растений и животных;
- б) консорциумы микроорганизмов, культур клеток растений и животных.

*Объект изобретения – применение известных ранее устройства, способа, вещества, штамма по новому назначению*; к применению известных ранее устройств, способов, веществ, штаммов по новому назначению относится их использование в соответствии с иной предназначенностью [7].

#### 4.1 РЕЗУЛЬТАТЫ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для определения имеющегося в настоящее время *уровня техники* и выявления *аналогов и прототипов* объекта изобретения выполняются патентные исследования в соответствии с ГОСТ Р15.011-96 «Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения» [3]. Результаты патентных исследований оформляют в виде текста или в табличной форме. При этом после анализа отобранных патентов выделяют один наиболее близкий по заданной теме в качестве аналога.

Данные патентных исследований используются при подготовке подразделов «*описание изобретения*» и «*формула изобретения*».

#### 4.2 ЗАЯВКА НА ВЫДАЧУ ПАТЕНТА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

Следующим разделом НИР является разработка и оформление заявки на выдачу патента. *Заявка на выдачу патента на изобретение (заявка на изобретение)* соответствует главе 72 "Патентное право" (статья 1375) Гражданского кодекса РФ [4] и должна содержать:

- **заявление о выдаче патента** с указанием автора изобретения и заявителя - лица, обладающего правом на получение патента, а также места жительства или места нахождения каждого из них;

- **описание изобретения**, раскрывающее его сущность с полнотой, достаточной для осуществления изобретения специалистом в данной области техники;

- **формулу изобретения**, ясно выражающую его сущность и полностью основанную на его описании;

- **чертежи и иные материалы**, если они необходимы для понимания сущности изобретения;

- **реферат**.

#### ***4.2.1 Заявление о выдаче патента***

**Заявление** оформляется согласно Приказа № 316 Минэкономразвития России от 25.05. 2016 года (ред. 19.09. 2018 года) "Об утверждении Правил составления, подачи и рассмотрения документов, являющихся основанием для совершения юридически значимых действий по государственной регистрации изобретений, и их форм, требований к документам заявки на выдачу патента на изобретение, состава сведений о заявке на выдачу патента на изобретение", публикуемых в официальном бюллетене Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатента).

Заявление на выдачу патента оформляется на специальном бланке в соответствии с образцом, представленном в прилож. Д.

#### ***4.2.2. Описание изобретения***

Описание изобретения является основным разделом как курсовой работы, так и реальной заявки на изобретение. В описании изобретение должно раскрываться с полнотой, достаточной для осуществления этого изобретения.

##### ***4.2.2.1 Структура описания***

Описание начинается с названия изобретения (а в случаях установления рубрики действующей редакции МПК, к которой относится заявляемое изобретение, и индекса этой рубрики) и содержит следующие разделы:

- область техники;
- уровень техники;
- перечень фигур чертежей и иных материалов (если они прилагаются);
- сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения.

#### **4.2.2.2. Название изобретения**

Название изобретения должно соответствовать его сущности и характеризовать, как правило, назначение объекта. Название излагается в единственном числе.

#### **4.2.2.3. Содержание разделов описания изобретения**

##### *а) Область техники, к которой относится изобретение*

В данном разделе описания изобретения указывается область применения изобретения. Если таких областей несколько, указываются преимущественные.

##### *б) Уровень техники*

В разделе уровень «Уровень техники» вначале приводятся сведения об известных заявителю аналогах предполагаемого изобретения (по результатам патентного поиска). При этом, из перечня описанных патентов выделяется наиболее близкий к изобретению по совокупности существенных признаков *аналог – прототип* изобретения.

В качестве аналога (прототипа) изобретения указывается средство того же назначения, известное из сведений, ставших общедоступными до даты приоритета изобретения, характеризуемое совокупностью признаков изобретения.

##### *в) Сущность изобретения*

*Сущность изобретения* выражается в совокупности *существенных признаков*, достаточных для достижения обеспечиваемого изобретением технического результата.

*Признаки относятся к существенным*, если они влияют на достигаемый технический результат.

В данном разделе подробно рассказывается о задаче, на решение которой направлено заявляемое изобретение, с указанием технического результата, который может быть получен при осуществлении изобретения.

Если изобретение обеспечивает получение нескольких *технических результатов* (в т.ч. в конкретных формах его выполнения или при особых условиях его использования), то рекомендуется их указать.

*Технический результат* может выражаться в:

- снижении (повышении) коэффициента трения;
- снижении вибрации;
- улучшении контакта рабочего органа со средой;
- предотвращении растрескивания и т.д.

*Для изобретения, относящегося к устройству, приводится описание его конструкции (в статическом состоянии) со ссылками на фигуры чертежей. После описания конструкции устройства описывается его действие (работа) или способ использования со ссылками на фигуры чертежей, а при необходимости – на иные поясняющие материалы (эпюры, временные диаграммы и т.д.).*

*Для изобретения, относящегося к способу, указываются последовательность действий (приемов, операций) над материальным объектом, а также условия проведения действий, конкретные режимы (температура, давление и т.п.), используемые при этом устройства, вещества и штаммы, если это необходимо.*

#### *г) Сведения, подтверждающие возможность осуществления изобретения*

В данном разделе описания следует показать, что заявленное изобретение может быть осуществлено при помощи описанных непосредственно в заявке или известных до даты приоритета средств, приводятся также сведения, подтверждающие возможность достижения указанного заявителем (в разделе «Сущность изобретения») технического результата [7].

Пример описания изобретения приведен в прилож. Е.

### **4.2.3 Формула изобретения**

Формула изобретения оформляется согласно Приказа №316 Минэкономразвития России от 25.05. 2016 года (ред. 19.09. 2018 года) "Об утверждении Правил составления, подачи и рассмотрения документов, являющихся основанием для совершения юридически значимых действий по государственной регистрации изобретений, и их форм, требований к документам заявки на выдачу патента на изобретение, состава сведений о заявке на выдачу патента на изобретение", публикуемых в официальном бюллетене Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатента).

Формула изобретения содержит характеристику изобретения в виде совокупности его признаков, определяющих объём правовой охраны, и излагается в виде логического определения объекта изобретения.

Формула изобретения признается выражающей его сущность, если она содержит совокупность его существенных признаков, достаточную для достижения указанного заявителем технического результата.

### **4.2.4 Чертежи и иные поясняющие материалы**

Чертежи и иные поясняющие материалы оформляются согласно Приказа №316 Минэкономразвития России от 25.05. 2016 года (ред. 19.09. 2018 года) "Об утверждении Правил составления, подачи и рассмотрения документов, являющихся основанием для совершения юридически значимых действий по гос-

ударственной регистрации изобретений, и их форм, требований к документам заявки на выдачу патента на изобретение, состава сведений о заявке на выдачу патента на изобретение", публикуемых в официальном бюллетене Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатента).

Чертежи и иные поясняющие материалы могут быть оформлены в виде: графических материалов (чертежей, схем, графиков, эюр, рисунков, осциллограмм и т.д.), фотографий, таблиц, диаграмм.

Рисунки представляются в том случае, если невозможно проиллюстрировать описание чертежами или схемами. Фотографии представляются как дополнение к другим видам графических материалов. В правом верхнем углу каждого листа графических материалов указывается название изобретения.

#### ***4.2.5 Реферат***

Реферат оформляется согласно Приказа № 316 Минэкономразвития России от 25.05. 2016 года (ред. 19.09. 2018 года) "Об утверждении Правил составления, подачи и рассмотрения документов, являющихся основанием для совершения юридически значимых действий по государственной регистрации изобретений, и их форм, требований к документам заявки на выдачу патента на изобретение, состава сведений о заявке на выдачу патента на изобретение", публикуемых в официальном бюллетене Федеральной службы по интеллектуальной собственности.

Реферат служит для информирования об изобретении и представляет собой сокращенно изложенное содержание описания изобретения, включающее:

- название изобретения;
- характеристику области техники, к которой относится изобретение, и/или область применения, если это не ясно из названия;
- характеристику сущности с указанием достигаемого технического результата.

Средний объем текста реферата – до 1000 печатных знаков [7].

#### ***4.2.6 Оформление документов заявки***

##### ***4.2.6.1 Пригодность для репродуцирования***

Все документы оформляются таким образом, чтобы было возможно их непосредственное репродуцирование в неограниченном количестве копий.

Каждый лист используется только с одной стороны с расположением строк параллельно меньшей стороне листа.

##### ***4.2.6.2 Отдельные листы, размер листов***

Каждый документ заявки печатается на отдельном листе прочной белой гладкой бумаги. Листы имеют формат 210x297 мм. Поля на листах ( в мм), со-

держащих описание, формулу, реферат, выполняются: верхнее – 20-40, правое и нижнее – 20-30, левое – 25-40.

#### *4.2.6.3 Написание текста*

Документы печатаются шрифтом черного цвета. Тексты описания, формулы реферата печатаются через 2 интервала с высотой заглавных букв не менее 2,1 мм.

#### *4.2.6.4 Графические материалы*

Изображение графических материалов выполняются черными, не стираемыми четкими линиями и штрихами, без растушевки и раскрашивания.

Масштаб и четкость изображений выбираются такими, чтобы при репродуцировании с линейным уменьшением размеров до 2/3 можно было различить все детали.

Размеры на чертеже не указываются, при необходимости они приводятся в описании.

Каждое графическое изображение нумеруется арабскими цифрами (фиг.1, фиг. 2 и т.д.) независимо от вида этого изображения (чертеж, график, схема, рисунок и др.) из нумерации листов, в соответствии с очередностью приведения в тексте описания [7].

### **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. ГОСТ 7.32-2017. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления [Текст]. – Введ. 2018-07-01.- М.: Стандартинформ, 2017.- 27 с.
2. ГОСТ 7.1-2003. Библиографическая запись. Библиографическое описание [Текст]. – Введ. 2003-01-01.- М.: Изд-во стандартов, 2003.- 17 с.
3. ГОСТ Р 15.011-96. Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения [Текст]. – Введ. 1996-01-01.- М.: Стандартинформ, 2006. – 16 с.
4. Гражданский кодекс Российской Федерации (№ 51-ФЗ) [Текст]: [принят 21 октября 1994 г.]- М.: Эксмо-Пресс, 2018.- 576 с.
5. Правила составления, подачи и рассмотрения заявок [Текст].- М.:ВНИИПИ, 1996. – 295 с.
6. Шмитько Е.И. Основы научных исследований и технического творчества: метод. указания к курсовой научно-исследовательской работе для студ. 3-го курса спец.290600- «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»/ Е.И. Шмитько, А.В. Крылова, С.П. Козодаев; ВГАСУ. – Воронеж, 2005. – 20 с.
7. Козодаев С.П. Основы исследований и технического творчества: метод. указания к выполнению курсовой работы для студентов 3-го курса очной и заочной форм обучения специальности 270106 «Производство строительных мате-

риалов, изделий и конструкций» / С.П. Козодаев, А.В. Крылова; ВГАСУ. - Воронеж, 2005. – 16 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Приложение А

### Пример оформления титульного листа отчета о НИР [6]

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

Воронежский государственный технический университет

Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций

### ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

на тему \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Дисциплина \_\_\_\_\_

Выполнил (а)  
студент (ка) \_\_\_\_\_ группы  
\_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)  
(подпись)

Научный руководитель  
\_\_\_\_\_ (Ф.И.О.)  
(должность, подпись)

Отчет защищен с оценкой « \_\_\_\_\_ »  
\_\_\_\_\_  
(дата, подписи членов комиссии по защите отчета)

Воронеж 20 \_\_\_\_

## Приложение Б

### Пример составления реферата отчета о НИР [6]

#### Реферат

Отчёт 85 с., 24 рис., 12 табл., 50 источников, 2 прил.

#### РАСХОДОМЕРНЫЕ УСТАНОВКИ, ПОРШНЕВЫЕ РАСХОДОМЕРЫ, ТАХОМЕТРИЧЕСКИЕ РАСХОДОМЕРЫ, ИЗМЕРЕНИЕ, БОЛЬШИЕ РАСХОДЫ, ГАЗЫ

Объектом исследования являются поршневые установки для точного воспроизведения и измерения больших расходов газа.

Цель работы – разработка методики метрологических исследований установок и нестандартной аппаратуры для их осуществления.

В процессе работы проводились экспериментальные исследования отдельных составляющих и общей погрешности установок.

В результате исследования впервые были созданы две поршневые реверсивные расходомерные установки: первая – на расходы до  $0,07 \text{ м}^3/\text{с}$ , вторая – до  $0,33 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели: высокая точность измерения при больших значениях расхода газа.

Степень внедрения – вторая установка по разработанной методике аттестована как образцовая.

Эффективность установок определяется их малым влиянием на ход измеряемых процессов. Обе установки могут применяться для градуировки и поверки промышленных ротационных счетчиков газа, а также тахометрических расходомеров.

## Приложение В

### Пример оформления таблицы [6]

Таблица \_\_\_\_\_ - \_\_\_\_\_  
номер название таблицы



## Приложение Г

### Примеры библиографических описаний к различным видам изданий для составления списка использованных списков [б]

#### Книга одного, двух или трех авторов

1. Шаталов, В.Г. Лесные мелиорации [Текст] : учеб. / В.Г. Шаталов.– Воронеж : Квадрат, 1997. – 220 с.
2. Артюховский, А.К. Лекарственные растения (учет, сбор, использование) [Текст] : учеб. пособие / А.К. Артюховский, А.Т. Козлов; ВГЛТА.- Воронеж, 2000.- 169 с.
3. Бычков, В.П. Малое предпринимательство на автомобильном транспорте [Текст] : учеб. пособие / В.П. Бычков, В.И. Янышев, Н.В. Казанцева; ВГАСУ.- Воронеж, 2000. – 170 с.

#### Книга четырех и более авторов

1. Технический сервис. Система техобслуживания и ремонта лесозаготовительной техники [Текст] : учеб. пособие / А.К. Артюховский [и др.]. – М.: МГУЛ, 1999. – 90 с.  
или
1. Технический сервис. Система техобслуживания и ремонта лесозаготовительной техники [Текст] : учеб. пособие / А.К. Артюховский, И.Г. Голубев, В.И. Игнатов, А.Ю. Тестовский. – М.: МГУЛ, 1999. – 90 с.

#### Монографии

1. Попов, Л.Н. Строительные материалы [Текст] : монография / Л.Н. Попов; ВГАСУ. – Воронеж : ВГУ, 2003.- 405 с.

#### Методические указания

1. Курьянова, Т.К. Древесина и сушка древесины [Текст] : метод. указания и контрол. задания для студентов специальности 080502 – Экономика и управление на предприятиях лесного комплекса / Т.К. Курьянова, А.Д. Платонов; ВГЛТА.- Воронеж, 2000. – 24 с.

#### Нормативно-технические документы (ГОСТы)

1. ГОСТ 13856-87. Семена граба, липы и других древесных пород [Текст].–Введ.1988-03-01. - М.: Изд-во стандартов, 1989. –6 с.

#### Депонированная научная работа

1. Свиридов, Л.Т. Модернизация машины МОС-1А [Текст] / Л.Т. Свиридов; ВГЛТА.- Воронеж, 1995.- 16 с. – Деп. В ВИНТИ 19.02.95, №3388-В95.

#### Закон

1. РСФСР. Законы. О милиции [Текст] : принят 18 апр. 1991 г. [ ( с изм. от 18 февр.1993 г., 1 июля 1996 г.) ]. – М.: Изд-во Группа «Проспект», 1997. – 29 с.

### **Статья из журнала**

1. Пошарников, Ф.В. Новые способы и средства для посева семян в питомнике [Текст] / Ф.В. Пошарников // Лесн. хоз-во.- 2000. - №3.- С. 105-111.

### **Статья из сборника научных трудов**

1. Свиридов, Л.Т. Безрешётный сепаратор для сортирования семян [Текст] / Л.Т. Свиридов, А.Д. Голев // Лесная наука на рубеже XXI века : сб. науч. тр. / Ин-т леса АН Беларуси. – Гомель, 1997. – Вып. 6. – С. 329-332.

### **Многотомное издание**

1. Сукачев, В.Н. Избранные труды [Текст]. В 3 т. Т. 3. Проблемы фитоценологии / В.Н. Сукачев; АН СССР. – Л.: Наука, 1980.- 542 с.

### **Авторское свидетельство**

1. А.с. 1007970 СССР, МКИ ВJ 15 / 00. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов [Текст] / В.С. Ваулин, В.Г. Кемакин (СССР). - № 3360585/25-08; заявл. 23.11.81; опубл. 30.03.83, Бюл. № 12. – 3 с.

### **Патенты**

1. Пат. 1695081 СССР, МКИ F 26 В 3 / 04. Способ сушки дубовых заготовок [Текст] / Т.К. Курьянова, А.Д. Платонов, В.В. Воронин; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – № 95112874/06; заявл. 12.07.95; опубл. 20.11.97, Бюл. № 32. – 5 с.

### **Диссертация, автореферат диссертации**

1. Кузнецов, А.В. Обоснование технологических решений, повышающих эффективность операций первичного транспорта леса [Текст] : автореф. дис. ... канд техн. наук: 05.21.01 / Кузнецов А.В. – Петрозаводск, 2003. – 20 с.  
2. Михин, В.И. Рост и агрономелиоративная эффективность полезащитных насаждений Белгородской области [Текст] : дис. ... канд. с.- х. Наук : 06.03.04 : защищена 28.10.94 : утв. 23.02.95 / Михин Вячеслав Иванович.- Воронеж, 1994. – 278 с.- Библиогр. : с. 206-277.

### **Электронные ресурсы. Интернет**

1. Непомнящий, А.Л. Рождение психоанализа [Электронный ресурс] : теория соблазнения  
Режим доступа : World Wide Web. URL : [http : // www. Psychoanalysis/ pl. ru /](http://www.Psychoanalysis/pl.ru/) 17. 05. 2000  
2. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс] / Центр информ. технологий РГБ; ред. Т.В. Власенко; Web-мастер Н.В. Козлова.- Электрон. дан.- М.: Рос. гос. б-ка, 1997.- Режим доступа : [// www. rsl. ru](http://www.rsl.ru), свободный. – Загл. с экрана.

**Приложение Д**  
**Пример бланка заявления о выдаче патента РФ на изобретение**

Дата поступления	(21) РЕГИСТРАЦИОННЫЙ №	ВХОДЯЩИЙ №
(85) ДАТА ПЕРЕВОДА международной заявки на национальную фазу		
<input type="checkbox"/> (86) (регистрационный номер международной заявки и дата международной подачи, установленные получающим ведомством)	<b>АДРЕС ДЛЯ ПЕРЕПИСКИ</b> (полный почтовый адрес, имя или наименование адресата)	
<input type="checkbox"/> (87) (номер и дата международной публикации международной заявки)	Телефон: _____ Факс: _____ E-mail: _____ <b>АДРЕС ДЛЯ СЕКРЕТНОЙ ПЕРЕПИСКИ</b> (заполняется при подаче заявки на секретное изобретение)	
<b>ЗАЯВЛЕНИЕ</b>  <b>о выдаче патента Российской Федерации</b>  <b>на изобретение</b>	<b>В Федеральную службу по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам</b>  Бережковская наб., 30, корп.1, Москва, Г-59, ГСП-5, 123995	
(54) НАЗВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ		
(71) <b>ЗАЯВИТЕЛЬ</b> <i>(Указывается полное имя или наименование (согласно учредительному документу), место жительства или место нахождения, включая название страны и полный почтовый адрес)</i>		<b>ОГРН</b>  <b>КОД</b> страны по стандарту <b>ВОИС ST. 3</b> <i>(если он установлен)</i>
Указанное лицо является <input type="checkbox"/> государственным заказчиком <input type="checkbox"/> муниципальным заказчиком, исполнитель работ _____ <i>(указать наименование)</i>		
<input type="checkbox"/> исполнителем работ по <input type="checkbox"/> государственному <input type="checkbox"/> муниципальному контракту, заказчик работ _____ <i>(указать наименование)</i>		
Контракт от _____ № _____		
(74) <b>ПРЕДСТАВИТЕЛЬ(И) ЗАЯВИТЕЛЯ</b> Указанное(ые) ниже лицо(а) назначено(назначены) заявителем (заявителями) для ведения дел по получению патента от его(их) имени в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам		Является <input type="checkbox"/> Патентным(и) поверенным(и) <input type="checkbox"/> Иным представителем Телефон: _____
Фамилия, имя, отчество (если оно имеется)		Факс:
Адрес:		E-mail:
1. Срок представительства 2. (заполняется в случае назначения иного представителя без представления доверенности)		Регистрационный (е) номер (а) патентного (ых) поверенного(ых)
(72) Автор (указывается полное имя)		Полный почтовый адрес места жительства, включающий официальное наименование страны и ее код по стандарту ВОИС ST. 3
Я _____ <i>(полное имя)</i> прошу не упоминать меня как автора при публикации сведений <input type="checkbox"/> о заявке <input type="checkbox"/> о выдаче патента. Подпись автора		

Рис. П. 1 Первая страница заявления о выдаче патента

## Продолжение приложения Д

<b>ПЕРЕЧЕНЬ ПРИЛАГАЕМЫХ ДОКУМЕНТОВ:</b>	Кол-во л. в 1 экз.	Кол-во экз.
<input type="checkbox"/> описание изобретения		
<input type="checkbox"/> перечень последовательностей		
<input type="checkbox"/> формула изобретения (кол-во пунктов формулы)		
<input type="checkbox"/> чертеж(и) и иные материалы		
<input type="checkbox"/> реферат		
<input type="checkbox"/> документ об уплате патентной пошлины (указать)		
<input type="checkbox"/> документ, подтверждающий наличие оснований <input type="checkbox"/> для освобождения от уплаты патентной пошлины <input type="checkbox"/> для уменьшения размера патентной пошлины <input type="checkbox"/> для отсрочки уплаты патентной пошлины		
<input type="checkbox"/> копия первой заявки <i>(при испрашивании конвенционного приоритета)</i>		
<input type="checkbox"/> перевод заявки на русский язык		
<input type="checkbox"/> доверенность		
<input type="checkbox"/> другой документ <i>(указать)</i>		
Фигуры чертежей, предлагаемые для публикации с рефератом _____ (указать)		
<b>ЗАЯВЛЕНИЕ НА ПРИОРИТЕТ</b> (Заполняется только при испрашивании приоритета более раннего, чем дата подачи заявки)		
<b>Прошу установить приоритет изобретения по дате</b>		
1 <input type="checkbox"/> подачи первой заявки в государстве-участнике Парижской конвенции по охране промышленной собственности (п.1 ст.1382 Гражданского кодекса Российской Федерации) (далее - Кодекс)		
2 <input type="checkbox"/> поступления дополнительных материалов к более ранней заявке (п.2 ст. 1381 Кодекса)		
3 <input type="checkbox"/> подачи более ранней заявки (п.3 ст.1381 Кодекса)		
(более ранняя заявка считается отозванной на дату подачи настоящей заявки)		
4 <input type="checkbox"/> подачи/приоритета первоначальной заявки (п. 4 ст. 1381 Кодекса), из которой выделена настоящая заявка		
<input type="checkbox"/> № первой (более ранней, первоначальной) заявки	<input type="checkbox"/> Дата испрашиваемого приоритета	(33) Код страны подачи по стандарту <b>ВОИС ST. 3</b> <i>(при испрашивании конвенционного приоритета)</i>
1.		
2.		
3.		
<b>ХОДАТАЙСТВО ЗАЯВИТЕЛЯ:</b>		
<input type="checkbox"/> осуществить публикацию сведений о заявке ранее установленного срока (п.1 ст. 1385 Кодекса)		
<input type="checkbox"/> начать рассмотрение международной заявки ранее установленного срока (п.1 ст. 1396 Кодекса)		
<input type="checkbox"/> провести экспертизу заявки на изобретение по существу (п.1 ст. 1386 Кодекса)		
Подпись  <i>Подпись заявителя или патентного поверенного, или иного представителя заявителя, дата подписи (при подписании от имени юридического лица подпись руководителя или иного уполномоченного на это лица удостоверяется печатью)</i>		

Рис.П.2 Вторая страница заявления о выдаче патента

## Приложение Е

### ПРИМЕР ОПИСАНИЯ И ФОРМУЛЫ ИЗОБРЕТЕНИЯ [7]

#### ОБЪЕКТ ИЗОБРЕТЕНИЯ – УСТРОЙСТВО

#### СМЕСИТЕЛЬ ПОРОГЕНЕРАТОР

**Изобретение относится к области** строительства и промышленности строительных материалов, и направлено на создание смесительного оборудования для приготовления бетонной смеси с обеспечением воздухововлечения при ее перемешивании в присутствии поверхностно-активных добавок. **Устройство предназначено** для использования в строительстве при возведении монолитных конструкций из поризованного бетона.

**Известны** турбулентные смесители для приготовления строительных растворов и бетонных смесей, которые могут быть использованы как порогенераторы для обеспечения воздухововлечения в бетонную смесь (1,2). **Эти смесители представляют собой** конический вертикальный корпус, в котором установлен связанный с приводом ротор с лопастями. В корпусе выполнено загрузочное окно и выгрузочное устройство. Воздухововлечение в бетонную смесь достигается ограниченное и невысокое, при этом конструкция смесителя обладает большими габаритами и массой, имеет циклический характер работы, что не позволяет использовать его для монолитного бетонирования поризованной бетонной смесью.

**Известен наиболее близкий по совокупности существенных признаков** смеситель непрерывного типа (3), который представляет собой установленный на раме корпус с загрузочным окном в верхней части на одном конце его и дозирующим устройством, а на другом конце корпуса расположен выгрузочный патрубок. В корпусе, в подшипниках установлен продольный вал, связанный посредством клиноременной передачи с приводом.

**Эта конструкция смесителя позволяет получать** при непрерывном перемешивании поризованный бетон, однако воздухововлечение в бетонную смесь достигается также ограниченное и невысокое, так как при малой скорости вращения рабочего вала смесительно-толкающие лопасти придают смеси, в основном, ламинарный характер течения, **что не позволяет создавать** в растворе зон резкого изменения внутреннего давления, необходимого по физической природе механизма поризации смеси воздухововлечением. Конструкция обладает большими габаритами и массой.

**Задачей изобретения является** повышение эффективности воздухововлечения, и достижение высокой степени поризации смеси в присутствии поверхностно-активных веществ, а также создание компактной, малогабаритной, легкоперемещаемой конструкции смесителя-порогенератора для обеспечения возможности использования его в монолитном бетонировании непрерывно приготавливаемой бетонной смеси в возводимую монолитным способом конструкцию.

**Задача достигается тем, что** в смесителе-порогенераторе, содержащем корпус с загрузочным окном и дозирующим устройством на одном конце и выгрузочным патрубком на противоположном, установленный в корпусе продольный приводной вал, оснащенный тремя рядами смесительно-толкающих лопастей, отличительным признаком которого является снабжение его поперечными решетчатыми диафрагмами, установленными в корпусе между смесительно-толкающими лопастями, а также снаряжение лопастей дополнительными парами стержневых венчиков, позволяющих обеспечить сложное турбулентное течение бетонной смеси в смесителе. Смесительно-толкающие лопасти, установленные на валу под углом  $15^{\circ}$  к его оси отбрасывают бетонную смесь на решетчатые диафрагмы, фактически разделяющие внутренний объем смесителя на смесительные полости-камеры. Часть бетонной смеси проходит через отверстия диафрагм, а часть возвращается на домешивание. Лопастями и стержневые венчики разрывают поток бетонной смеси, обеспечивая усиленный эффект воздухововлечения. Проходя через смесительные камеры, поток бетонной смеси многократно разрывается смесительно-толкающими лопастями, стержнями венчиков и решетками диафрагм, тем самым эффективно воздухом насыщается и поризуется. Такое конструктивное решение, обеспечивающее сложное турбулентное течение смеси позволяет получать эффективное воздухом насыщение при малом объеме аппарата, что и дает возможность уменьшить габариты и массу аппарата. Тем самым обеспечивается возможность установки смесителя-порогенератора на формовочной оснастке и непрерывная выдача перемешанной и поризованной бетонной смеси непосредственно в монолит возводимой конструкции.

**На чертеже представлена конструкция** смесителя-порогенератора в разрезе.

**Смеситель-порогенератор ( см. фиг.) состоит из** корпуса (1), в котором на подшипниках (2), установлен рабочий вал (3), связанный через клиноременную передачу (4) с приводом (5). На одном конце корпуса (1) выполнено загрузочное окно (6) для загрузки предварительно подготовленной непоризованной бетонной смеси. На этом же конце корпуса (1) установлена емкость (7) для поверхностно-активной добавки, которая через запорно-дозировочное устройство (6) сообщена с внутренним объемом корпуса (1). На противоположном конце

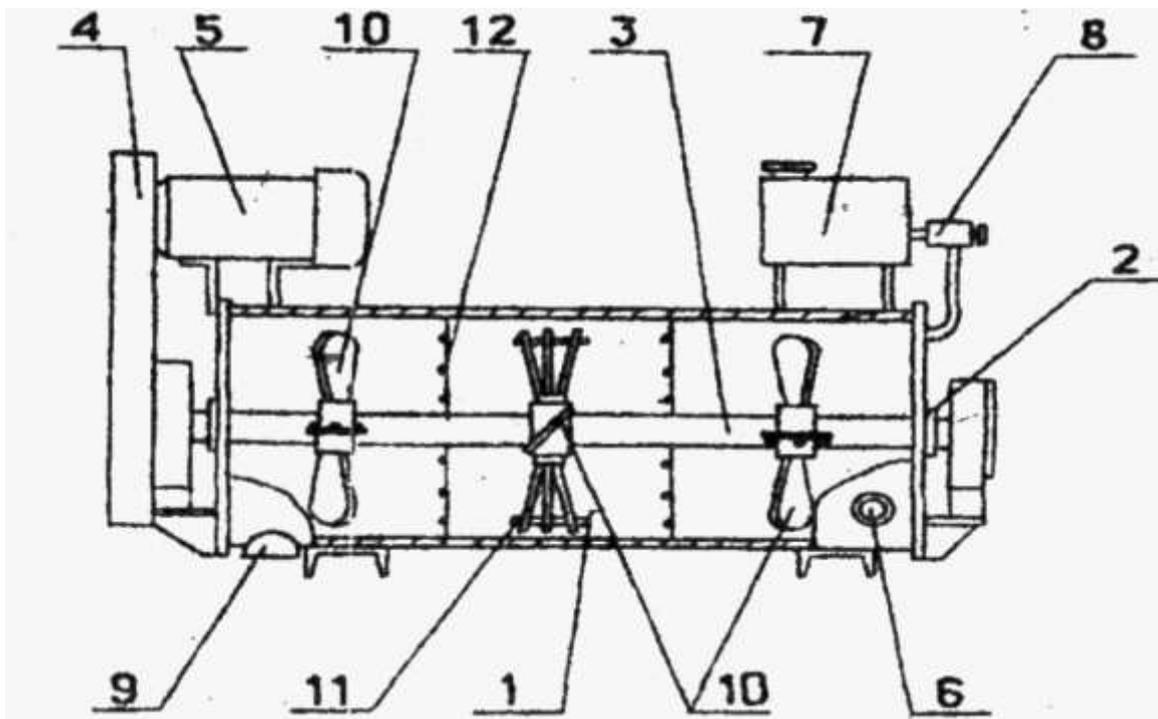
корпуса (1) расположен выгрузочный патрубок (9) для выдачи готовой поризованной бетонной смеси. Во внутреннем объеме корпуса (1) на продольном рабочем валу (3) установлены три ряда смесительно-толкающих лопастей (10), между которыми закреплены дополнительные пары стержневых венчиков (11). Между смесительно-толкающими лопастями (10) жестко установлены поперечные решетчатые диафрагмы (12), разделяющие объем корпуса (1) смесительные полости-камеры.

**Работает смеситель-порогенератор следующим образом:** предварительно подготовленная непоризованная смесь, подаваемая непрерывно растворонасосом, поступает в корпус (1) порогенератора через загрузочное окно (6), туда же через запорно-дозировочное устройство (8) непрерывно из емкости (7) подается порообразующая добавка. Бетонная смесь с введенной добавкой попадает на первый ряд лопастей (10) и венчиков (11) отбрасывается лопастями (10), с одновременным насыщением вовлеченными пузырьками воздуха, на решетчатую диафрагму (12), часть потока бетона проходит через отверстия диафрагмы (12), часть потока бетона проходит через отверстия диафрагмы, а часть дополнительно перемешивается и поризуется. Процесс повторяется во второй камере и из третьей камеры происходит выдача поризованной бетонной смеси через выгрузочный патрубок (9).

Смеситель-порогенератор прошел первый цикл лабораторных испытаний в Воронежской государственной архитектурно-строительной академии и испытан в производственных условиях при строительстве административного корпуса СМУ – 43 в г. Воронеж.

**Источники информации:**

1. К.М. Королев. Производство бетонной смеси и растворов. М.: Высшая школа, 1976. – 161 с.
2. К.М. Королев. Передвижные бетоно-растворосмесительные установки. М.: Высшая школа, 1986. – 35 с.
3. К.М. Королев. Производство бетонной смеси и растворов. М.: Высшая школа, 1973. – 166 с.



Фиг.

**Формула изобретения**

Смеситель-порогенератор, **содержащий** корпус с загрузочным окном и дозирующим устройством на одном конце и выгрузочным патрубком на противоположном, установленный в корпусе, по крайней мере, один, продольный приводной вал, несущий смесительно-толкающие лопасти, **отличающийся тем, что он** снабжен поперечными решетчатыми диафрагмами, установленными в корпусе между смесительно-толкающими лопастями, выполненными с дополнительными парами стержневых венчиков.

# ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

## Лабораторная работа № 1

### ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИК ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 1.1. Цель работы

1. Освоить методики испытаний образцов строительных материалов при оценке их прочностных свойств.
2. Освоить методику статистической обработки результатов испытаний.
3. Оценить предел прочности на изгиб и сжатие образцов-балочек строительного материала (по заданию преподавателя) разрушающим методом испытаний.

#### 1.2. Краткие теоретические сведения

Количество образцов, необходимое для проведения испытаний, то есть размер малой выборки ( $n$ ), определяется по формуле:

$$n = \frac{V^2}{\Delta^2} t^2(v, \rho), \quad (1.1)$$

где  $V$  – коэффициент изменчивости, %;

$\Delta$  - допустимая ошибка при оценке среднего значения определяемого прочностного показателя, %;

$t$  – коэффициент Стьюдента, принимаемый по таблице в зависимости от заданной вероятности обеспечения среднего значения ( $\rho$ ), и числа степеней свободы ( $v$ ); в данном случае  $\rho = 0,95$ ;  $v = n - 1$ .

При расчетах можно принять  $V \leq 10 \%$ ,  $\Delta = 5 - 10 \%$ .

##### 1.2.1. Неразрушающий метод определения прочности

Для определения прочности строительных материалов неразрушающим методом используют корреляционную связь между скоростью ультразвука в материале и прочностью этого материала.

Скорость распространения ультразвука определяется с помощью ультразвукового прибора по схеме, представленной на рис. 1.1.

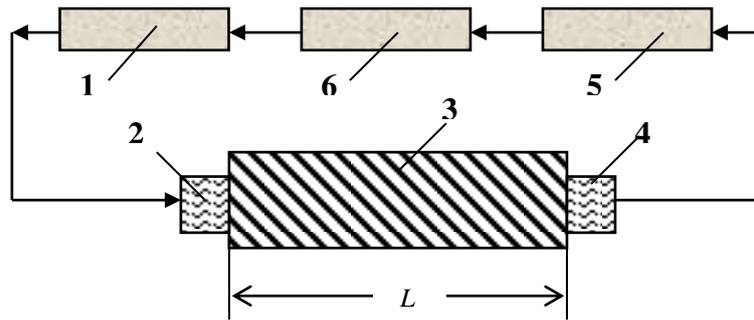


Рис. 1.1. Схема испытания образца ультразвуковым методом:  
 1 – генератор; 2 – пьезоэлемент, преобразующий электрические колебания в механические; 3 – образец; 4 – пьезоэлемент, преобразующий механические колебания в электрические; 5 – усилитель; 6 – регистрирующий прибор

Скорость распространения ультразвука ( $\omega$ ) рассчитывается по формуле

$$\omega = \frac{l}{\tau} 1000, \text{ м/с} \quad (1.2)$$

где  $l$  - база прозвучивания, м;  
 $\tau$  - время распространения ультразвука, с.

### 1.2.2. Разрушающий метод определения прочности

Образцы-балочки испытывают на изгиб (рис. 1.2) и каждую половинку образца - на сжатие (рис. 1.3) с помощью гидравлического прессы.

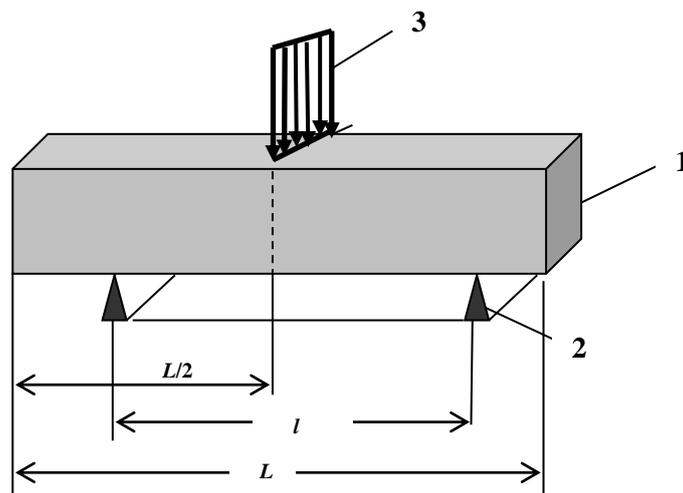


Рис. 1.2. Схема испытания образца-балочки на изгиб:  
 1 – образец; 2 – опоры; 3 – прикладываемая нагрузка

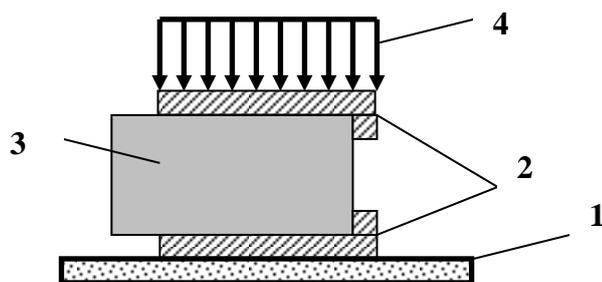


Рис. 1.3. Схема испытания половинки образца-балочки на сжатие: 1 – плита прессы; 2 – металлические пластинки; 3 – половинка образца; 4 – прикладываемая нагрузка

Предел прочности при изгибе рассчитывают по формуле:

$$R_{\text{изг}} = \frac{3Pl}{2bh^2}, \text{ Па}, \quad (1.3)$$

где  $P$  - разрушающая нагрузка, Н;

$l$  - расстояние между осями опор, м ( $l = 0,1$  м);

$b$  - ширина образца, м;

$h$  - высота образца, м.

Предел прочности при сжатии каждой половинки образца-балочки рассчитывают по формуле:

$$R_{\text{сж}} = \frac{P}{A}, \text{ Па}, \quad (1.4)$$

где  $A$  – площадь металлической пластинки,  $\text{м}^2$  ( $A = 0,0025 \text{ м}^2$ ).

Полученные данные обрабатывают статистически следующим образом.

Среднее арифметическое значение предела прочности вычисляют по формуле:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (1.5)$$

где  $n$  – число измерений.

Оценка дисперсии равна

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2, \quad (1.6)$$

Оценку среднеквадратического отклонения вычисляют как

$$S = \sqrt{S^2}, \quad (1.7)$$

Коэффициент изменчивости определяют как

$$V = \frac{S}{\bar{X}} \cdot 100\%. \quad (1.8)$$

### 1.3. Оборудование, приборы и материалы

Весы торговые с пределом взвешивания до 10 кг; гири; емкости для взвешивания материала; совки; шпатели; ложки; линейка металлическая; формы-балочки размером 40 × 40 × 160 мм; мерный цилиндр емкостью 500 мл; лабораторный смеситель принудительного действия; лабораторная виброплощадка; ультразвуковой прибор УК - 14П; испытательная машина УММ - 20.

Сырьевые материалы (назначаются по указанию преподавателя), вода водопроводная; могут использоваться заранее приготовленные образцы для испытаний.

### 1.4. Методика выполнения работы

Формуют 3 образца-балочки размером 40 × 40 × 160 мм. (Допускается использование заранее изготовленных образцов). После распалубки формы образцы нумеруют, взвешивают и определяют их геометрические размеры.

Сначала образцы испытывают неразрушающим методом и рассчитывают скорость распространения ультразвука ( $\dot{\omega}$ ) по формуле (1.2).

Затем выбирают опорные грани образцов и испытывают образцы на изгиб и сжатие с помощью механической машины УММ-20.

### 1.5. Результаты работы

Результаты работы оформляют в виде табл. 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1

Результаты испытаний образцов неразрушающим методом

Номер образца	Геометрические размеры образца, м	Время распространения ультразвука, с	Скорость распространения ультразвука, м/с

Результаты испытаний образцов \_\_\_\_\_  
(вид строительного материала)

Но- мер образца	Геометрические размеры образца, м	Разрушающая нагрузка, Н		Предел прочности, МПа			
		при изгибе	при сжатии половинки балочки	при из- гибе	при сжатии половинки балочки		
						1	2

### 1.6. Выводы

После проведения статистической обработки полученных результатов испытаний дают оценку прочностным показателям цементного камня, полученным разрушающим методом.

### 1.7. Контрольные вопросы

1. С учетом каких условий назначается размер малой выборки образцов строительных материалов для испытаний на прочность?
2. Как определяется количество образцов для достоверной оценки прочностных показателей строительных материалов?
3. В чем состоит сущность неразрушающих методов определения прочности строительных материалов?
4. Каковы основные характеристики статистической обработки результатов испытаний?
5. Как рассчитывается коэффициент изменчивости?

## Лабораторная работа № 2

### ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ПОДГОТОВКИ ПРЕДСТАВИТЕЛЬНОЙ ПРОБЫ ДЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ АНАЛИЗОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 2.1. Цель работы

1. Освоить методику подготовки представительной пробы строительного материала для физико-химических исследований его состава и структуры.
2. Подготовить аналитическую пробу строительного материала (по указанию преподавателя).

## 2.2. Краткие теоретические сведения

**Исходной пробой** – это масса всех образцов, которые прошли физико-механические испытания в соответствующем опыте.

**Лабораторной пробой** – это проба с минимально оправданной массой, необходимой для выполнения всего комплекса физико-химических анализов и обеспечивающей сохранение с предельной вероятностью исследуемых особенностей материала.

**Аналитической пробой** называется необходимая для непосредственного анализа определенная масса исследуемого материала, величина которой обусловливается требованиями методики проведения конкретного анализа.

**Представительная проба** – это проба, позволяющая оценить контролируемое качество материала с наперед заданной допустимой ошибкой.

Ошибка измерения представительной пробы материала состоит в том, что вся масса образцов соответствующего технологического опыта принимается за генеральную совокупность. Выборки из генеральной совокупности (лабораторные и аналитические пробы) формируются по случайному закону с применением таблицы случайных чисел.

## 2.3. Оборудование, приборы и материалы

Весы аналитические; стандартный набор сит; устройство для измельчения материала (металлический противень, молоток, агатовая ступка с пестиком, кисточка); вакуумный сушильный шкаф; линейка; эксикатор с натронной известью.

Строительные материалы (назначаются по указанию преподавателя).

## 2.4. Методика выполнения работы

### 2.4.1. Подготовка лабораторной пробы

Лабораторная проба отбирается из исходной пробы методом **квартования**. Лабораторная проба представляет собой массу всех образцов, прошедших механические испытания.

Квартование производится следующим образом (рис. 2.1). Исходная проба материала измельчается и перемешивается, затем разравнивается на гладкой поверхности и делится на 12 квадратов с помощью линейки. Квадраты нумеруются. Далее с помощью таблицы случайных чисел выбирают четыре квадрата, подлежащие отбору. Лабораторная проба отбирается из этих случайных порций (квадратов) с помощью совка, который должен полностью захватывать всю толщину слоя материала. Отобранные порции соединяются и тщательно перемешиваются перед следующей стадией квартования.

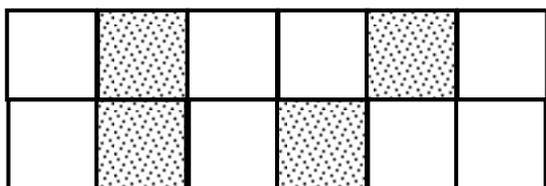


Рис. 2.1. Схема отбора проб методом последовательного квартования: из 12 квадратов отбираются любые 4 (например, заштрихованные)

Затем осуществляется просеивание исходной пробы через два последовательно собранных сита. При этом соблюдается следующее условие: нижнее сито должно иметь размер отверстия, соответствующее минимальному размеру кусков в лабораторной пробе, а верхнее – размер отверстий с номером, следующим за номером нижнего сита в стандартном ситовом наборе. Таким образом, осуществляется уменьшение объема пробы до лабораторной.

Минимальная масса лабораторной пробы определяется по формуле:

$$m_{\min} = k \cdot d^{\alpha}, \quad (2.1)$$

где  $k$  - коэффициент пропорциональности (для кусковых материалов  $k = 0,15$ );

$\alpha$  - показатель степени (для кусковых материалов  $\alpha = 1,5$ );

$d$  - минимальный размер кусков испытуемого материала, обеспечивающий сохранение его квазиоднородности;

$$d \geq 5l, \text{ мм}, \quad (2.2)$$

где  $l$  – максимальный размер частиц крупных включений в материале, мм.

Лабораторная проба высушивается до постоянной массы в вакуумном сушильном шкафу, упаковывается в пакетик из кальки и помещается в эксикатор с сухой средой без присутствия углекислого газа.

#### 2.4.2. Подготовка аналитической пробы

Аналитическая проба получается из лабораторной также методом квартования. В дальнейшем по необходимости осуществляется специальная подготовка пробы. Способ подготовки пробы к анализу определяется исходя из особенностей различных физико-химических методов анализа. Наиболее часто аналитическая проба готовится в виде порошка. Для этого материал растирают в агатовой ступке агатовым пестиком до полного прохождения его через сито № 0063 и для усреднения пробы ее просеивают через сито №01. Полученную аналитическую пробу хранят в эксикаторе в пакетике из кальки над хлористым кальцием.

Назначение и отбор проб материала должны обеспечить их статистическую представительность.

## 2.5. Выводы

Дают анализ полученных результатов подготовки проб, который связывается с целью работы.

## 2.6. Контрольные вопросы

1. Что такое проба? Какие виды проб Вы знаете?
2. Какая проба считается представительной?
3. Как определить минимальную массу пробы?
4. В чем заключается метод квартования?
5. В чем заключается метод случайного набора порций проб?
6. Каков порядок подготовки представительной лабораторной пробы?
7. Каков порядок подготовки аналитической пробы для определения вещественного состава материала?

## Лабораторная работа № 3

### РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ (НА ПРИМЕРЕ СТРОИТЕЛЬНОГО ГИПСА)

#### 3.1. Цель работы

1. Изучить сущность рентгенофазового анализа строительных материалов.
2. Изучить методику определения степени гидратации вяжущих веществ рентгенофазовым методом исследования.
3. Проследить кинетику гидратации строительного гипса методом рентгенофазового анализа.

#### 3.2. Краткие теоретические сведения

Применение рентгеновского излучения - поперечных электромагнитных колебаний с длиной волны  $10^{-2} - 10^2 \text{ \AA}$  ( $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$ ) - для исследования кристаллических веществ основано на том, что длина этих волн сопоставима с расстоянием между упорядоченно расположенными атомами в решетке кристалла, которая по сути является для него естественной дифракционной решеткой.

Сущность рентгеновских методов анализа заключается в изучении **дифракционной картины**, получаемой при отражении рентгеновских лучей **кристаллографическими плоскостями** (гранями) элементарной ячейки кристаллического вещества.

**Монокристалл** представляет собой совокупность параллельных равноудаленных кристаллографических плоскостей; его основной структурной характеристикой является **межплоскостное расстояние** ( $d$ ).

**Поликристалл** – это совокупность хаотически сросшихся монокристаллических плоскостей. Его структуру можно описать совокупностью межплоскостных расстояний  $d_1, d_2, d_3$  и т.д.

Все строительные материалы – поликристаллические вещества, но для каждого из них характерной является своя совокупность межплоскостных расстояний, то есть каждый компонент минерала имеет свой характерный набор межплоскостных расстояний в зависимости от своей кристаллической структуры.

Прибор, с помощью которого осуществляется дифракция рентгеновских лучей в кристаллической решетке материала, называется **рентгеновским дифрактометром**. Он позволяет на диаграммной ленте записать картину отражения рентгеновских лучей от отдельных монокристаллических областей в виде **рентгенограммы**.

Типичный вид рентгенограммы представлен на рис. 3.1.

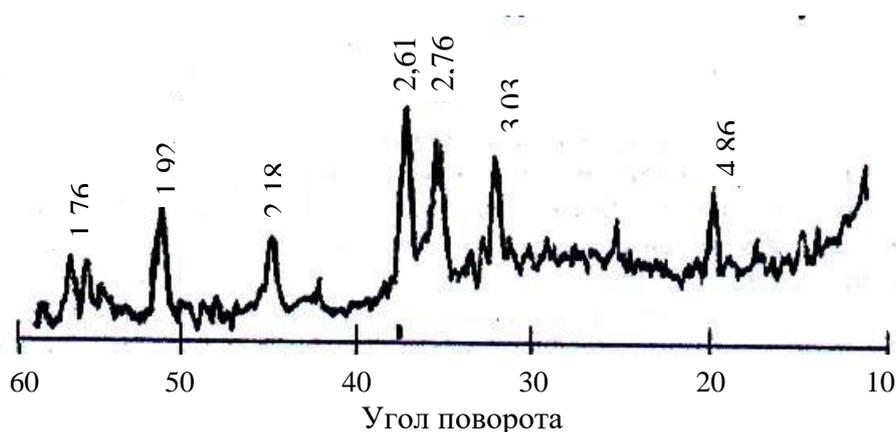


Рис. 3.1. Типичная рентгенограмма поликристаллического вещества

**Рентгенограмма** представляет собой серию дифракционных максимумов, возвышающихся на различное расстояние над плавной линией фона. **Дифракционный максимум** является отражением рентгеновского луча от различных монокристаллических плоскостей поликристаллического вещества с определенными, только ему присущими межплоскостными расстояниями.

Съемка рентгенограммы и принцип работы дифрактометра, схема которого изображена на рис. 3.2, состоит в следующем.

Пучок рентгеновских лучей направляется на изучаемый образец, который располагается в центре окружности. По касательной во взаимно перпендикулярном направлении находятся рентгеновская трубка и счетчик рентгеновских квантов.

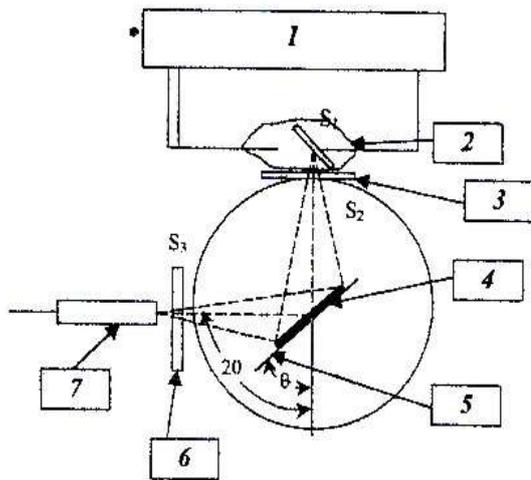


Рис. 3.2. Схема дифрактометрической съемки плоского образца:  
 1 - генератор рентгеновских лучей; 2 - рентгеновская трубка; 3 - диафрагма первичного рентгеновского луча, 4 - исследуемый образец; 5 - диафрагма дифрагированного рентгеновского луча; 6 - счетчик рентгеновских квантов; 7 - самописец

В дифрактометре образец вращается таким образом, чтобы создать всем имеющимся монокристаллическим областям условия для отражения рентгеновских лучей. Счетчик рентгеновских квантов посылает информацию на самописец, который записывает данную картину в виде рентгенограммы.

Записанная на дифрактометре рентгенограмма подлежит **расшифровке**, то есть определению величин межплоскостных расстояний  $d$  для каждого отражения на рентгенограмме.

Расчет величины межплоскостного расстояния  $d$  ведется по формуле

$$d = \frac{n \cdot \lambda}{2 \sin \theta}, \text{ \AA} \quad (3.1)$$

где  $\lambda$  - длина волны;

$n$  - целое число волн;

$\theta$  - угол, под которым произошло каждое отражением рентгеновских лучей (определяется с помощью прибора гониометра, который через каждый градус делает метки-репера).

Каждый минерал (фаза) имеет свою картину на рентгенограмме.

### Пример расшифровки рентгенограммы

Получены рентгенограммы (прил. 1) с набором дифракционных максимумов, соответствующих межплоскостным расстояниям  $d$ , равным 1,92; 2,05; 2,22; 2,61; 2,71; 3,01; 3,55; 4,86 Å. Чтобы расшифровать полученную рентгенограмму, надо воспользоваться стандартными рентгенограммами, то есть сравнить полученные значения с эталонными межплоскостными расстояниями (прил. 2). Выясняется, что линии 2,05; 2,22; 2,71; 3,01 Å принадлежат кальциту –  $\text{CaCO}_3$ , а линии 2,61; 4,86 Å – портландиту –  $\text{Ca(OH)}_2$ .

Если система содержит кварцевый песок –  $\text{SiO}_2$ , то самой сильной линией на рентгенограмме будет 3,33 Å и т.д. Если справочная информация об изучаемом материале отсутствует, то необходимо выполнить химический анализ ве-

щества. Для более точной расшифровки рентгенограммы и определения фазового состава строительного материала рекомендуется воспользоваться другими методами анализа, например, методом дифференциально-термического анализа (ДТА).

Рассмотренный метод рентгенофазового анализа называется **качественным**, так как позволяет определить природу кристаллических фаз, содержащихся в исследуемом материале. **Количественный** рентгенофазовый анализ, в задачу которого входит определение содержания отдельных фаз в поликристаллических многофазных строительных материалах, основан на зависимости интенсивности определяемых дифракционных максимумов (отражений) от количества определяемой фазы. С увеличением ее содержания интенсивность отражения рентгеновских лучей возрастает.

На этом основан рентгеновский метод определения степени гидратации вяжущих веществ.

**Степень гидратации** - это количество вяжущего вещества (%), перешедшее в гидраты за определенный период времени твердения, отнесенное к его исходному содержанию. Кинетику процесса гидратации вяжущих веществ характеризуют величиной степени гидратации к данному моменту времени.

При использовании рентгеновского метода при определении степени гидратации вяжущих веществ измеряется интенсивность линии гидратных новообразований в твердеющей системе к определенному моменту времени. Она сопоставляется с интенсивностью той же линии в полностью прогидратированном веществе. Отношение интенсивностей указанных линий на рентгенограмме характеризует степень гидратации вяжущего вещества.

Для прекращения процесса гидратации производится предварительное обезвоживание подготовленных проб этиловым спиртом и серным эфиром с последующей сушкой. Затем материал растирают в агатовой ступке агатовым пестиком и просеивают через сито № 0063; растирание ведется до полного прохождения его через сито. Пробы образцов до анализа хранятся в эксикаторе. Для проведения рентгенофазового анализа порошкообразный материал запрессовывается в специальную кювету и помещается в держатель рентгеновского дифрактометра. В процессе рентгеновской съемки образца дифракционные максимумы регистрируются на диаграммной ленте самопишущего потенциометра. Затем полученная запись дифракционной картины (рентгенограмма образца) расшифровывается ранее описанным способом.

### 3.3. Оборудование, приборы и материалы

Весы технические с пределом взвешивания 1 кг; мерный цилиндр емкостью 250 мл; емкости для взвешивания материала; совки; ложки; дифрактометр.

### 3.4. Методика выполнения работы

Экспериментальные исследования выполняют в следующей последовательности: берут навеску строительного гипса ( $\beta\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) массой 100 г, рассчитывают количество воды затворения при  $\text{В/Г} = 0,5$ ; готовят гипсовое тесто, которое помещают в кювету прибора. Через определенные промежутки времени (например, через 2 мин) производят съемку рентгенограммы, отражающей ход процесса гидратации строительного гипса.

Используя рентгеновский метод, можно проследить за непрерывным образованием двуводного гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), наблюдая за увеличением интенсивности линии  $I$  с межплоскостным расстоянием  $d = 4,26 \text{ \AA}$ , соответствующей фазе  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Интенсивность измеряется высотой линии над уровнем рентгенограммы.

Степень гидратации гипсового вяжущего рассчитывается по соотношению интенсивности линии  $I_\tau$  (с межплоскостным расстоянием  $d = 4,26 \text{ \AA}$ ) на рентгенограмме двух фаз  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  в определенный момент времени и интенсивности  $I_0$  новой фазы  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  к моменту полного завершения процесса гидратации. Для выполнения количественного анализа необходимо воспользоваться соотношением

$$\frac{I_\tau}{I_0} = \frac{C_2 \cdot \mu_1}{C_2 \cdot (\mu_1 - \mu_2) + \mu_1} \quad (3.2)$$

где  $I_0$  - интенсивность наиболее сильной линии на рентгенограмме, что соответствует фазе  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , мм;

$I_\tau$  - интенсивность той же линии на рентгенограмме смеси  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , мм;

$\mu_1$  и  $\mu_2$  - коэффициенты,  $\mu_1 = 141$ ,  $\mu_2 = 184$ ;

$C_2$  - содержание двуводного гипса или степень гидратации строительного гипса.

Отсюда степень гидратации строительного гипса определяется по формуле

$$C_2 = \frac{\frac{I_\tau}{I_0} \cdot 184 \cdot 100}{\frac{I_\tau}{I_0} \cdot 43 + 141}, \% \quad (3.3)$$

### 3.5. Результаты работы

Результаты работы представляют в виде рентгенограммы, в табличной форме (табл. 3.1) и графически в виде зависимости  $C_2 = f(\tau)$ , где  $\tau$  - время гидратации строительного гипса.

Таблица 3.1

Результаты определения степени гидратации строительного гипса

Время гидратации, $\tau$ , мин	$I_\tau$ , мм	$\frac{I_\tau}{I_0}$	Степень гидратации, $C_2$ , %

### 3.6. Выводы

На основании выполненных исследований с использованием рентгенофазового анализа делают вывод о характере изменения степени гидратации строительного гипса в ходе развития этого процесса во времени.

### 3.7. Контрольные вопросы

1. Какова сущность рентгеновского метода анализа строительных материалов?
2. Каково устройство дифрактометра?
3. Что такое степень гидратации вяжущего вещества?
4. Как с помощью рентгеновского метода можно определить степень гидратации вяжущего вещества?

## Лабораторная работа № 4

### ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 4.1. Цель работы

1. Изучить сущность дифференциально-термического анализа (ДТА) строительных материалов.
2. Изучить методику определения минералогического состава строительного материала (по указанию преподавателя) методом ДТА.

#### 4.2. Краткие теоретические сведения

Дифференциально-термический анализ относится к **термоаналитическим** методам исследования строительных материалов. Он основан на важнейшем свойстве вещества – **изменении теплосодержания при нагревании ма-**

**териала.** Сущность метода состоит в определении температуры нагрева, при которой происходит изменение физического или химического состояния материала. При выполнении данного анализа разносторонняя информация о целом комплексе свойств различных строительных материалов выявляется на основании так называемых **тепловых эффектов**, сопровождающих **фазовые изменения и превращения веществ** при термическом воздействии на них в определенном диапазоне температур.

Тепловые эффекты могут быть как экзотермическими (тепловой знак «+»), так и эндотермическими (тепловой знак «-»). Например, гидратация вяжущего вещества идет с выделением тепла – это экзотермический процесс, а дегидратация протекает с его поглощением. Полиморфное превращение  $\alpha$ -кварца в  $\beta$ -кварц при температуре 575 °С характеризуется тепловым знаком «-», а переход из аморфного состояния вещества в кристаллическое – знаком «+».

Тепловые эффекты характеризуются не только температурой (начальной, конечной, максимальной), но и формой, и площадью. По форме теплового эффекта можно судить о скорости процесса превращения вещества, по площади – о его количественном содержании.

Прибор, с помощью которого регистрируются тепловые эффекты, называется **дериватографом**.

Схема прибора представлена на рис. 4.1.

Главным узлом дериватографа является дифференциальная термопара с подключенным к ней гальванометром, световой сигнал которого проектируется на фоточувствительную бумагу. Дериватограф позволяет при непрерывном нагревании по заданной программе (скорость нагрева составляет 10 °С/мин) автоматически регистрировать не только кривую ДТА, но и температурную (Т), термовесовую (ТГ) и дифференциально-термогравиметрическую (ДТГ) кривые.

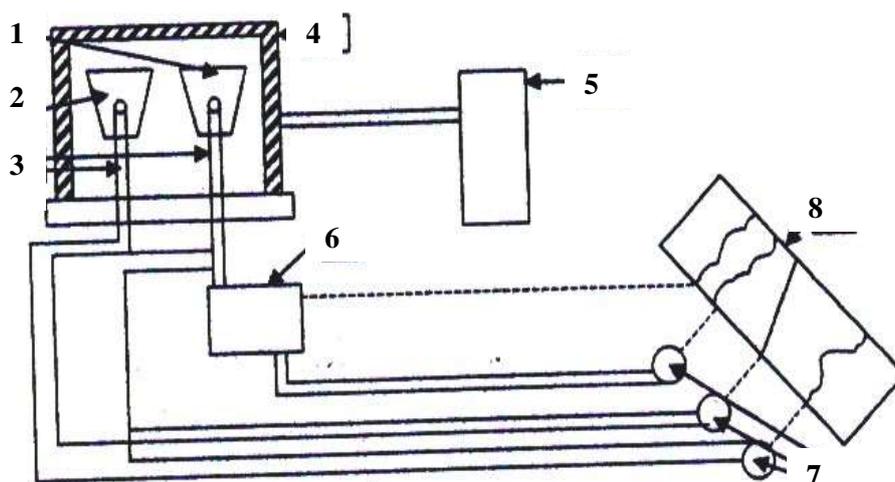


Рис. 4.1. Схема дериватографа:

- 1 - тигель с исследуемым веществом; 2 - тигель с инертным веществом; 3 - термопара; 4 - печь; 5 - регулятор напряжений;
- 6 - весовое устройство; 7 - гальванометры;
- 8 - регистрирующее устройство

Кривая ТГ показывает изменение массы вещества в зависимости от температуры нагрева (для этого в приборе установлены аналитические весы). При совместном анализе кривых ТГ и ДТА можно определить, какими превращениями объясняется изменение массы вещества. Например, это может быть удаление воды из кристаллогидратов, образующихся при взаимодействии цемента с водой и т.д. Дифференцирование изменения массы вещества во времени (кривая ДТГ) дает информацию о скорости такого изменения, то есть речь идет о скорости той или иной реакции, которая имеет место при изменении температуры.

Для определения минералогического состава строительного материала необходимо **расшифровать** его **дериватограмму**, то есть учесть наличие тепловых эффектов, их количество, тепловой знак, а также интенсивность, форму этих эффектов и температуру их появления (по кривой Т). Заключительной частью дифференциально-термического анализа является выявление природы зарегистрированных эффектов. Путем идентификации, то есть сравнения полученных термограмм с эталонными, делают вывод о составе исследуемого строительного материала. Эталонные термические эффекты получены для чистых минералов и представлены в справочных пособиях.

### **Пример расшифровки дериватограммы**

На термограмме цементного мелкозернистого поризованного бетона (прил. 3) зафиксированы следующие эффекты: (-)160 °С, (-)575 °С, (-)800 °С. Согласно эталонным термограммам (прил. 4) можно сделать вывод о том, что при (-)575 °С происходит полиморфное превращение  $\alpha$ - кварца в  $\beta$ -кварц; при (-)800 °С протекает декарбонизация  $\text{CaCO}_3$ ; при (-)160 °С удаляется вода из гидросиликата кальция типа С-S-H(I).

Таким образом, делают вывод, что в составе цементирующих веществ присутствуют соединения С-S-H(I) и  $\text{CaCO}_3$ .

### **4.3. Оборудование, приборы и материалы**

Весы технические с пределом взвешивания 1 кг; колбы конические с притертыми пробками на 100 мл; агатовая ступка с пестиком; сито № 0063; дериватограф.

### **4.4. Методика выполнения работы**

Для выполнения дифференциально-термического анализа готовят представительные пробы образцов строительного материала. Предварительно производят обезвоживание подготовленных проб этиловым спиртом и серным эфиром с последующей их сушкой. Затем материал растирают в агатовой ступ-

ке и просеивают через сито № 0063; растирание ведут до полного прохождения материала через данное сито.

Подготовленную аналитическую пробу в количестве около 1 г помещают в тигель, который устанавливают в печь дериватографа на спай термопары, соединенный с аналитическими весами. Второй тигель с эталонным веществом – оксидом алюминия, прокаленным при температуре 1200 °С, помещают на спай второй термопары. Оксид алюминия в изучаемом температурном интервале не претерпевает никаких термических превращений.

Далее осуществляют процесс нагрева исследуемого вещества с регистрацией кривых Т, ТГ, ДТА и ДТГ.

#### 4.5. Результаты работы

Результаты работы представляют в виде снятой дериватограммы материала, которая подлежит расшифровке. Чтобы помочь решить поставленные задачи и оценить состав силикатного камня, рассмотрим следующий пример, где представлены дериватограммы строительного композита – цементного мелкозернистого бетона в различные сроки твердения (прил. 3).

На дериватограмме зафиксированы эндозффекты при температурах 160°С; 575 °С и 800 °С.

Согласно природе термических эффектов на эталонных термограммах (прил. 4) можно сделать следующее заключение. Во-первых, при температуре 160 °С удаляется кристаллизационная вода из гидросиликатов кальция группы С-S-H(I) с отношением  $\text{CaO/SiO}_2 \leq 1,5$ . Следовательно, в изучаемой системе содержались именно эти соединения. Во-вторых, отмечаем, что при температуре 575 °С происходит полиморфное превращение  $\alpha$ -кварца в  $\beta$ -кварц. Следовательно, в системе присутствует кварцевый песок. Наконец, при температуре 800 °С происходит декарбонизация  $\text{CaCO}_3$ , который образовался в результате взаимодействия  $\text{Ca(OH)}_2$  - портландита с  $\text{CO}_2$  воздуха. Таким образом, делают вывод, что в исследуемом образце присутствуют компоненты, входящие в состав мелкозернистого цементного бетона.

#### 4.6. Выводы

На основании выполненных исследований, используя результаты расшифровки полученных дериватограмм, делают вывод о минералогическом составе новообразований силикатного камня.

#### 4.7. Контрольные вопросы

1. Что такое минералогический состав строительного материала?
2. Какое практическое значение имеет определение минералогического состава строительного материала?

3. В чем состоит сущность ДТА?
4. Каково принципиальное устройство дериватографа?
5. Как осуществляется расшифровка дериватограммы?

## Лабораторная работа № 5

### Деловая игра «ПОИСК ИДЕЙ МЕТОДОМ ПРЯМОЙ МОЗГОВОЙ АТАКИ»

#### 5.1. Цель игры

1. Изучить сущность поиска идей методом прямой мозговой атаки и условий проведения деловой игры.
2. Провести прямую мозговую атаку (индивидуальную и коллективную) по получению определенного строительного материала.

#### 5.2. Подготовка к игре

При подготовке к игре необходимо дать ответы на следующие контрольные вопросы:

1. объяснить сущность метода прямой мозговой атаки;
2. сформулировать условия проведения деловой игры;
3. дать перечень оргмероприятий при проведении деловой игры.

#### 5.3. Краткие теоретические сведения

Человечество творило и изобретало до последнего времени, используя так называемый метод проб и ошибок, который вполне пригоден для решения несложных технических задач. Для решения же сложных проблем необходимы другие новые методы поиска. Среди методов, активизирующих перебор вариантов, наиболее известен метод «**мозгового штурма**» или «**мозговой атаки**» (автор метода А. Осборн). В основе метода лежит четкая мысль: отделить процесс генерирования идей от их оценки, поскольку лишь небольшой процент людей способен высказывать новые идеи в условиях критики. Поэтому мозговой штурм желательно проводить двумя группами. Первая группа – генераторы идей, которые предлагают идеи в условиях запрета критики; вторая – эксперты, обсуждающие и анализирующие ранее выдвинутые генераторами идеи. Причем, в группу генераторов идей желательно включить несколько человек, профессии которых далеки от специфики решаемых задач.

При коллективном обсуждении проблемы мыслительная деятельность человека заметно улучшается. Это основано на психологическом эффекте стимулирования мыслительной деятельности человека в условиях коллективного обсуждения путей решения задачи. Если в группе людей каждому ее члену предложить независимо и индивидуально высказать идеи по решению поставленной задачи, то в сумме можно получить  $n$  идей. Если предложить группе коллективно высказать идеи по решению этой же задачи, то получится результат с большим числом идей.

Существуют определенные условия проведения данной деловой игры, которые включают правила для участников и обязанности ведущего.

### **5.3.1. Правила для участников игры**

1. Стремиться к высказыванию максимального числа идей, причем содержание идеи следует формулировать кратко как в специфической, так и в общедоступной форме.

2. Принимать и одобрять все идеи, оказывая предпочтение озарению, фантазии в самых разных направлениях.

3. Создавать атмосферу доброжелательности шуткой, юмором, каламбуrom.

4. Стремиться обеспечивать между участниками игры доверительные, демократические отношения.

5. Всемерно развивать и улучшать ранее высказанные идеи и получать на их основе новые более совершенные, ассоциативные предложения.

Во время игры **запрещается** высказывать критику идей в любой форме, которая не способствует созданию благоприятной творческой обстановки.

### **5.3.2. Обязанности ведущего игры**

1. Четко и эмоционально излагать формулировку задачи.

2. Давать участникам игры лестную характеристику.

3. Организовывать мозговую атаку как штурм, как интенсивный, быстро протекающий творческий процесс.

4. Добиваться соблюдения правил игры всеми участниками.

5. Способствовать своими замечаниями, действиями непрерывности высказывания идей.

6. Следить, чтобы обсуждение не шло в узком интервале, всемерно расширять сферу поиска идей.

7. Следить за регламентом игры, интенсифицируя работу в ее последние минуты.

## **5.4. Рабочее задание**

Рабочее задание формулируется в виде условия задачи.

**Вариант 1.** Высказать идеи получения композиционного строительного материала – бетона, имея в виду, что принцип его получения – омоноличивание, склеивание частиц заполнителя - и получение на этой основе искусственного камневидного твердого тела.

Идеи должны быть направлены на использование различных материалов, приемов, принципов, в основе которых лежит склеивание разрозненных частиц заполнителя.

**Вариант 2.** Высказать идеи получения теплоизоляционного материала, применяемого в строительстве.

Идеи должны касаться материалов (добавок), приемов, принципов, способствующих получению эффективного теплоизоляционного материала.

**Вариант 3.** Высказать идеи получения композиционно строительного материала – бетона, имея в виду, что принцип его получения заключен в омоноличивании частиц заполнителя.

Идеи должны касаться видов различных заполнителей.

### 5.5. Методика проведения деловой игры

После оглашения условий задачи проводится индивидуальная мозговая атака, в результате которой каждый участник игры записывает свои идеи в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Список идей, выдвинутых с помощью метода  
прямой мозговой атаки

№ п/п	Содержание идеи	Авторство

Коллективная мозговая атака начинается с озвучивания идей «рожденных» индивидуально. Параллельно высказываются идеи, возникшие дополнительно. Они также заносятся в табл. 5.1.

### 5.6. Выводы

Результаты подведения итогов деловой игры проводятся путем отбраковки (экспертизы) высказанных идей и оформляются в виде табл. 5.2

Таблица 5.2

Содержание идеи	Авторство	Квалификация физико-технического эффекта, на котором построена идея	Оценка практической значимости идеи

## Лабораторная работа № 6

### ДЕЛОВАЯ ИГРА «ПОИСК ИДЕЙ МЕТОДОМ ОБРАТНОЙ МОЗГОВОЙ АТАКИ»

#### 6.1. Цель игры

1. Изучить сущность метода обратной мозговой атаки и условий проведения деловой игры.
2. Провести обратную мозговую атаку.

#### 6.2. Подготовка к игре

При подготовке к игре необходимо дать ответы на следующие контрольные вопросы:

1. объяснить сущность метода обратной мозговой атаки;
2. сформулировать задачи, решаемые методом обратной мозговой атаки;
3. сформулировать условия проведения данной игры.

#### 6.3. Краткие теоретические сведения

В основе метода обратной мозговой атаки лежит закон прогрессивной конструктивной эволюции технических объектов (ТО), согласно которому переход к более совершенным образцам техники происходит через выявление и устранение функциональных недостатков (противоречий) в существующем поколении ТО и переход, таким образом, к новому поколению ТО с функциями, отвечающими новым потребностям.

При этом решаются две **задачи**.

1. Выявление в существующем объекте максимального числа недостатков.
2. Максимальное устранение этих недостатков в новом поколении ТО.

Первую задачу можно отнести к формированию изобретательской, проектно-конструкторской задачи, направленной на улучшение ТО. Вторая заключается в создании на этой основе новых решений и идей с целью устранения недостатков в ТО.

Решение первой задачи должно обеспечивать не только выявление всех известных недостатков, но и прогнозирование недостатков в будущем в связи с возможным изменением условий использования ТО.

Таким образом, цель обратной мозговой атаки заключается в составлении наиболее полного списка недостатков рассматриваемого объекта, на который «обрушивается» ничем не ограниченная критика.

В ходе обратной мозговой атаки должны быть получены ответы на следующие вопросы.

1. Что представляет собой технический объект, который требуется улучшить?
2. Каковы недостатки объекта в связи с его изготовлением, эксплуатацией, ремонтом и т.п.?
3. Что требуется получить в результате данной мозговой атаки?
4. На что необходимо обратить особое внимание при решении задачи?

#### **6.4. Рабочее задание**

Рабочее задание формулируется в виде условия задачи.

**Задача.** Предлагается составить наиболее полный список недостатков плотного цементного бетона и изделий из него на этапах изготовления, применения в настоящее время и в перспективе, имея в виду проблемы обеспечения сырьем, материалами, энергией, трудовыми ресурсами, а также учитывая вопросы экологии, архитектурной выразительности и т.д. Требуется обратить особое внимание на конкурентоспособность бетона и железобетона по отношению к другим конструкционным материалам в связи с возможным расширением области его применения и возрастанием требований к стойкости, долговечности и надежности в сооружениях.

#### **6.5. Методика проведения деловой игры**

После оглашения условий задачи проводится индивидуальная мозговая атака, в результате которой каждый участник игры составляет список недостатков технического объекта и записывает их в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Список идей недостатков технического объекта

№ п/п	Описание недостатка	Причины недостатка	Последствия недостатка

Данный список дополняется в результате коллективной обратной мозговой атаки, которая проводится после индивидуальной.

#### **6.6. Выводы**

Итогом деловой игры является табл. 6.2, в которой приводится систематизация недостатков по признакам или группам родственных недостатков с их ранжированием.

Составленный список недостатков в дальнейшем используется для постановки изобретательских и рационализаторских задач в области производства строительных материалов, изделий и конструкций.

Таблица 6.2

Классификационный список недостатков технического объекта  
с их ранжированием

№ п/п	Классификационный признак недостатка	Описание недостатка	Ранг недостатка

**Лабораторная работа № 7**

**ДЕЛОВАЯ ИГРА «КОМБИНИРОВАННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
МЕТОДОВ МОЗГОВОЙ АТАКИ»**

**7.1. Цель игры**

1. Изучить сущность различных комбинаций методов мозговой атаки.
2. Провести комбинированную мозговую атаку (на примере одной из комбинаций).

**7.2. Подготовка к игре**

При подготовке к игре необходимо дать ответы на следующие контрольные вопросы:

1. сущность комбинированного использования методов мозговой атаки;
2. сформулировать условия комбинированного использования методов мозговой атаки;
3. дать перечень оргмероприятий при проведении комбинированной мозговой атаки с оценкой идей.

**7.3. Краткие теоретические сведения**

Рассмотренные выше методы прямой и обратной мозговой атаки (лаб. раб. № 5 и 6) могут использоваться совместно в различных комбинациях. На практике наиболее часто применяются следующие четыре схемы таких комбинаций.

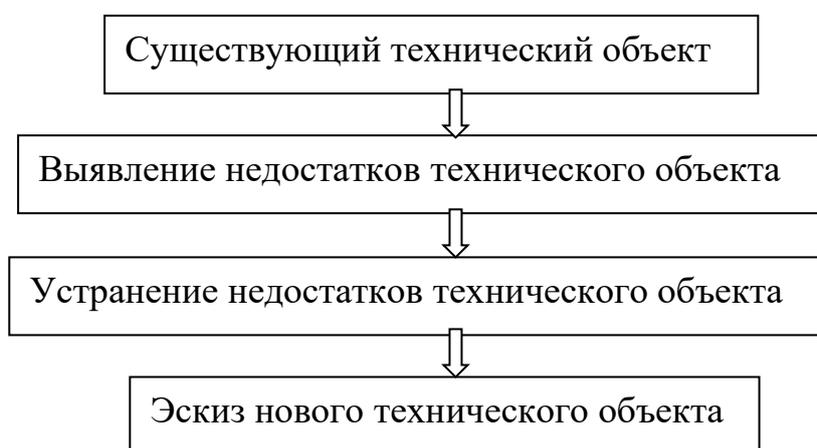
1. Двойная прямая мозговая атака.
2. Обратная и прямая мозговые атаки.

3. Прямая, обратная и прямая мозговые атаки.

4. Мозговая атака с оценкой идей.

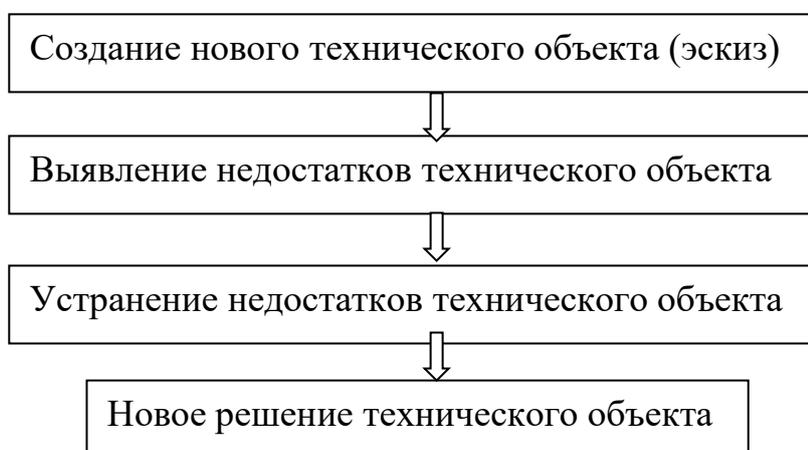
При проведении «**двойной прямой**» мозговой атаки между ними необходимо сделать перерыв от двух часов до 2-3 дней. Это связано с тем, что во время перерыва включается в работу мощный мыслительный аппарат для решения творческих задач – подсознание человека, который дает возможность «рождения» неожиданных, оригинальных идей.

Комбинация «**обратная и прямая**» мозговые атаки «работает» по схеме:



То есть сначала с помощью обратной мозговой атаки неудержимо выявляются недостатки технического объекта с обращением особого внимания на главные из них. Затем производится прямая мозговая атака с целью устранения этих недостатков, на основании чего разрабатывается эскиз нового технического объекта. Эта комбинация обычно используется для мысленного прогнозирования развития технических объектов. Поэтому целесообразно данный цикл мозговых атак повторить с целью прогнозирования развития технического объекта в будущем.

Комбинация «**прямая, обратная и прямая**» мозговые атаки используется для прогнозирования недостатков технического объекта. Она «работает» по схеме:



То есть, проведя прямую мозговую атаку, делают эскизы наиболее перспективных технических решений объекта. Затем, проведя обратную мозговую атаку, выявляют возможные недостатки этих решений. После этого проводят прямую мозговую атаку с целью устранения выявленных недостатков, в результате чего «рождается» новое решение технического объекта. В целях увеличения времени прогнозирования поведения технического объекта имеет смысл цикл атак повторить.

Для решения сложных конструкторских задач применяется комбинация «мозговая атака с оценкой идей», которая проводится в три этапа (под этапом подразумевается совещание участников деловой игры).

### ***Содержание первого этапа (совещания)***

Проводится прямая мозговая атака, составляется общий список идей, который передается каждому участнику. Каждый участник отбирает из общего списка от трех до пяти лучших идей по техническому решению объекта, обосновав при этом их преимущества (на этом этапе ему разрешается добавлять и свои новые идеи).

### ***Содержание второго этапа (совещания)***

Каждый участник докладывает об отобранных им идеях, и по каждой идее проводится короткая (5 - 10 мин) обратная мозговая атака в целях выявления недостатков технического решения объекта и выдвижения идей по их устранению. Результаты обсуждения заносят в табл. 7.1, в которой дают положительные и отрицательные характеристики каждой идее.

Таблица 7.1

#### **Характеристики идей**

<b>№ п/п</b>	<b>Описание идеи</b>	<b>Достоинства идеи</b>	<b>Недостатки идеи</b>

Затем каждый участник независимо от других выбирает из табл. 7.1 один или два наилучших, по его мнению, вариантов и представляет по ним эскизы технических решений объекта.

### ***Содержание третьего этапа (совещания)***

Обсуждают представленные эскизы объекта с целью их ранжирования от лучших к худшим. Составляют предложения по лучшим техническим решениям с их описанием (при этом все эскизы дополнительно прорабатывают и детализируют).

#### 7.4. Рабочее задание

Рабочее задание формулируется в виде условия задачи.

**Задача.** Используя вторую комбинацию методов мозговых атак, провести усовершенствование обычного тяжелого бетона и дать соответствующие предложения по этому вопросу.

Мозговые атаки проводят по методикам, изложенным в лаб. раб № 5 и 6 данного учебно-методического пособия.

Результаты обсуждения заносят в табл. 7.2.

Таблица 7.2

Предложения по усовершенствованию технического объекта –  
обычного тяжелого бетона

№ п/п	Недостатки существующего технического объекта	Предложения по устранению недостатков	Проект технического объекта в усовершенствованном виде

#### Лабораторная работа № 8

##### Деловая игра «ПОИСК ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ МЕТОДОМ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ»

##### 8.1. Цель игры

1. Изучить сущность метода эвристических приемов.
2. Используя межотраслевой фонд эвристических приемов, найти решение технической задачи.

##### 8.2. Подготовка к игре

При подготовке к игре необходимо дать ответы на следующие контрольные вопросы:

1. объяснить сущность метода эвристических приемов;
2. дать понятие о межотраслевом фонде эвристических приемов;
3. перечислить наименования групп эвристических приемов;
4. привести примеры эвристических приемов.

### 8.3. Краткие теоретические сведения

В инженерном техническом творчестве метод эвристических приемов появился в 40-50-х годах XX века. В его основу положен традиционный многовековой способ поиска решений методом **проб и ошибок**, суть которого состоит в том, что решение находится в результате случайных или логически обоснованных попыток (проб) через ошибки во время поиска. В процессе своей деятельности изобретатель, в том числе начинающий, постепенно накапливает опыт, в результате чего появляется набор приемов для решения подобных задач. Когда изобретатель «встречается» с новой технической задачей, он в первую очередь пытается решить ее с помощью найденного открытого им приема («эврика – нашёл!»). Если это не удастся, то изобретатель вынужден искать решение задачи тем же старым способом проб и ошибок.

Опытные изобретатели обычно имеют свой индивидуальный фонд эвристических приемов. Однако важно изучить и знать так называемый обобщенный фонд таких приемов, чтобы можно было успешно использовать его всеми изобретателями при поиске решений. Такой обобщенный фонд, называемый межотраслевым фондом эвристических приемов, имеет универсальный характер, то есть он ориентирован на самые различные области техники. Фонд разделен на 12 групп, каждая из которых достигает нескольких сотен и даже тысяч приемов. В прил. 5 представлены группы эвристических приемов с некоторыми примерами конкретных приемов, входящих в эти группы.

### 8.4. Рабочее задание

Рабочее задание формулируется в виде условия задачи.

**Задача.** Используя отдельные примеры в группах эвристических приемов, решить следующие проблемы:

- 1) улучшить теплозащитные свойства цементного бетона;
- 2) повысить кислотостойкость цементного бетона;
- 3) получить цементный бетон с пониженными водо-и газопроницаемостями;
- 4) получить безусадочный цементный бетон;
- 5) получить крупнопористый бетон без введения пено-газообразователя и воздухововлекающих добавок;
- 6) предложить технологию получения изделий широкой номенклатуры из минимума сырьевых материалов.

## Лабораторная работа № 9

### Деловая игра «МЕТОД МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ»

#### 9.1. Цель игры

1. Изучить сущность метода морфологического анализа и синтеза технических решений.
2. Познакомиться с примером применения данного метода.
3. Провести морфологический анализ и синтезировать технические решения задачи.

#### 9.2. Подготовка к игре

При подготовке к игре необходимо дать ответы на следующие контрольные вопросы.

1. Объяснить сущность метода морфологического анализа и синтеза технических решений.
2. Каковы этапы решения задач данными методами?
3. Как построить морфологическую комбинаторную таблицу?
4. Как определить количество возможных решений задачи?

#### 9.3. Краткие теоретические сведения

Метод морфологического анализа и синтеза основан на комбинаторике. **Комбинаторика** (математический термин) реализуется в рассматриваемом методе в понятии «**сочетания**».

Суть метода состоит в том, что совершенствуемый объект (прототип) всесторонне рассматривается по всем основным, существенным признакам (1, 2...*m*). Затем для каждого признака находятся возможные варианты его исполнения ( $\beta$ ). Число вариантов должно быть как можно большим. Далее находится количество решений ( $N$ ), которое равно произведению всех возможных вариантов по всем рассматриваемым существенным признакам

$$N = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \dots \cdot \beta_m. \quad (9.1)$$

Все множество решений содержит часть уже известных, часть новых и часть бессмысленных решений. Таким образом, задача исполнителя, который ведет поиск решений, состоит в оценке эффективности найденных новых решений и в выборе предпочтительных из них.

При решении технической задачи методом морфологического анализа и синтеза необходимо выполнить следующие этапы игры:

1) дать анализ существующего технического объекта (прототипа) с оценкой и систематизацией его существенных признаков (этап морфологического анализа структуры технического объекта);

2) выявить недостатки прототипа, то есть тех его существенных признаков, которые должны быть улучшены;

3) выбрать критерии, по которым будет оцениваться приемлемость нового решения;

4) разработать варианты решений по существенным признакам с составлением морфологической комбинаторной таблицы;

5) отобрать лучшие решения путем последовательного сокращения их количества;

6) обсудить проект предложений по совершенствованию технического объекта.

Сущность метода морфологического анализа и синтеза может быть продемонстрирована на следующем примере составления морфологической комбинаторной таблицы при решении задачи усовершенствования технического объекта – ножа (прил. 6).

#### 9.4. Рабочее задание

Рабочее задание формулируется в виде условия задачи.

**Задача.** Усовершенствовать конструкционно-теплоизоляционный керамзитобетон для стен жилых зданий.

Завод производит керамзитовый гравий неудовлетворительного качества по средней плотности: требуется D400 – D500, а фактическая плотность D700. По этой причине керамзитобетонные изделия не имеют требуемого термического сопротивления и в связи с этим не удовлетворяют нормативным показателям качества по теплоизоляционным параметрам. Необходимо, используя метод морфологического анализа и синтеза, предложить возможные варианты разрешения данной ситуации.

## Лабораторная работа № 10

### Деловая игра «ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ»

#### 10.1. Цель игры

1. Изучить сущность метода функционально-стоимостного анализа технических решений.
2. Познакомиться с примерами применения данного метода.
3. Провести функционально-стоимостный анализ технического объекта.

#### 10.2. Подготовка к игре

При подготовке к игре необходимо дать ответы на следующие контрольные вопросы:

1. объяснить сущность функционально-стоимостного анализа;
2. каков порядок проведения функционально-стоимостного анализа?
3. что такое конструктивная функциональная структура?
4. какова классификация функций технического объекта?
5. как производится определение и сравнение стоимости функций?

#### 10.3. Краткие теоретические сведения

В инженерной практике, начиная с конца 60-х годов XX века, стал быстро распространяться новый подход снижения стоимости (затрат) и повышения качества продукции. Он получил название **функционально-стоимостного анализа (ФСА)**.

Причина появления ФСА состояла в следующем. При решении задач, связанных со снижением себестоимости продукции, может быть использовано **два подхода**: предметный (традиционный) и функциональный.

В первом случае специалист формулирует задачу следующим образом: «Как снизить затраты на данное изделие?».

При функциональном подходе специалист полностью абстрагируется от данной, реальной конструкции анализируемой системы и сосредотачивает внимание на ее функциях. При этом изменяется и направление поиска путей снижения себестоимости продукции. Четко определив функции анализируемого технического объекта, их количественные характеристики, специалист формулирует задачу так: «Необходимы ли эти функции и, если «да», то необходимы ли эти характеристики функции?».

Область применения метода функционально-стоимостного анализа достаточно широка, поскольку он позволяет при необходимости снизить затраты в любой сфере человеческой деятельности. ФСА является сильным средством

интенсификации экономики. Его рекомендуется использовать при решении следующих задач:

- 1) проектирование новых изделий и технологий их изготовления;
- 2) модернизация изделий, освоенных в производстве;
- 3) реконструкция предприятия;
- 4) снижение затрат основного и вспомогательного производств;
- 5) снижение затрат сырья, материалов, топлива и энергии;
- 6) снижение трудоемкости и экономия трудовых ресурсов.

При проведении ФСА необходимо выполнить следующее.

1. Выявить и определить функции (назначение) элементов технического объекта.

2. Оценить стоимость выполнения каждой функции (в виде денежных затрат, расхода материалов, энергии и т.п.).

3. Исключить элементы с ненужными функциями и выбрать наиболее рациональные технические решения элементов.

4. Реализовать на практике полученные результаты.

### 10.3.1. Порядок проведения ФСА

Основополагающий принцип ФСА – определенная последовательность его проведения. Она задается рабочим планом ФСА, который включает в себя **четыре взаимосвязанных этапа**. Поэтапная последовательность решения задач с помощью ФСА должна носить обязательный характер, то есть нельзя приступить к очередному этапу, не выполнив полного объема работы предыдущих.

**I. Подготовительный этап** включает в себя следующие виды работ:

- 1) выбор технического объекта и определение целей ФСА;
- 2) подбор и утверждение состава исследовательской группы;
- 3) обучение специалистов группы основам ФСА;
- 4) составление, согласование и утверждение технического задания на проведение ФСА.

**II. Информационно-аналитический этап** включает в себя следующие виды работ:

- 1) сбор и изучение информации о техническом объекте (условиях его работы, недостатках, затратах на изготовление и т.д.);
- 2) построение конструктивной функциональной структуры технического объекта;
- 3) определение списка основных показателей и требований к техническому объекту, а также критериев его развития;
- 4) анализ и классификация функций элементов технического объекта;
- 5) определение и сравнение стоимостей функций технического объекта;

б) выявление функциональных зон наибольшего сосредоточения затрат в техническом объекте;

7) постановка задач поиска более рациональных и оптимальных конструкторско-технологических решений.

**III. Поисково-исследовательский этап** включает в себя следующие виды работ:

- 1) поиск улучшенных технических решений;
- 2) математическое моделирование улучшенных технических решений;
- 3) поиск оптимальных параметров улучшенных технических решений;
- 4) экспериментальное испытание новых технических решений;
- 5) выбор наилучших вариантов технических решений.

**IV. Разработка и внедрение результатов ФСА в производство.**

### 10.3.2. Некоторые пояснения к порядку проведения ФСА

Перечень этапов и видов работ, проводимых до построения конструктивной функциональной структуры, не вызывает трудностей в их выполнении и поэтому не требует специальных пояснений. Для построения конструктивной функциональной структуры можно дать следующие пояснения.

Технический объект мысленно делят на несколько элементов ( $E_0, E_1, E_2, \dots, E_n$ ), каждый из которых выполняет определенную функцию ( $\Phi_0, \Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n$ ) (индексы соответствуют обозначению элементов). После выделения элементов технического объекта проводят описание их функций. Результаты разделения технического объекта на элементы и описание их функций оформляют в виде табл. П7.1, пример составления которой продемонстрирован на рассмотрении технического объекта - наружной стеновой панели из газосиликата (прил. 7). Функция панели состоит в защите внутреннего пространства жилья от атмосферных воздействий.

Конструктивная функциональная структура представляет собой ориентированный граф, вершины которого представлены наименованиями элементов технического объекта и объектов окружающей среды (ОС), а ребра - функциями элементов и объектов. Первая верхняя вершина – наименование самого технического объекта. Во втором горизонтальном ряду обычно располагаются вершины-элементы. После этого строят направленные ребра графа, которые «выходят» из тех вершин-элементов, чьи функции они описывают, и заканчиваются в вершинах-элементах, работу которых они обеспечивают (или в вершинах-объектах ОС, которые взаимодействуют с рассматриваемым элементом).

Функции элементов делятся на **четыре группы**: главные, основные, вспомогательные и ненужные.

**Главные функции** имеют главные элементы; они обозначаются  $\Phi_0$ .

**Основные функции** относятся к элементам, которые непосредственно обеспечивают работу главных элементов; при исключении любой основной функции главная функция  $\Phi_0$  в принципе не может быть реализована.

**Вспомогательные функции** имеют элементы, которые делают реализацию главной или основной функции более эффективной; при исключении любой вспомогательной функции работоспособность технического объекта сохраняется, но ухудшаются некоторые показатели качества.

**Ненужные функции** относятся к элементам, которые не играют существенной (или никакой) роли в обеспечении работоспособности технического объекта и повышении его качества; при исключении ненужной функции (и, следовательно, ненужных элементов) показатели качества не ухудшаются, а некоторые даже могут улучшиться. Часть элементов с ненужными функциями может быть выявлена уже при составлении таблицы анализа функций; для этих элементов в таблице следует указывать «полезной функции не имеет». Другая часть таких элементов выявляется среди тех, которые имеют вспомогательные функции.

Под стоимостью функции имеются в виду любые затраты, связанные с ее реализацией. Существует два метода оценки стоимости функции.

Первый – *метод прямого расчета затрат* на основании стоимости материалов, операций технологического процесса и т.п. Этот метод отличается высокой точностью, однако, в связи с большой трудоемкостью сбора информации часто не удается расчетным путем определить стоимость функции для данного технического объекта.

Второй – *метод экспертных сравнений стоимостей* функций для изучаемого объекта и аналогичных объектов. Этот метод более часто используется, так как является менее трудоемким и более универсальным. Данные сравнения затрат по данному методу представлены в табл. П7.2 прил. 7.

Таким образом, общая оценка затрат на данный технический объект равна суммарной стоимости показателей всех затрат.

#### 10.4. Задания на выполнение ФСА

**Задание 1.** В результате проведения функционально-стоимостного анализа попытаться снизить затраты на производство мелкоштучных стеновых блоков из поризованного цементного бетона и улучшить их качество. Мелкоштучные стеновые блоки предназначены для использования в малоэтажном жилищном строительстве. В состав поризованной бетонной смеси для блоков входят: портландцемент марки М500, песок кварцевый, химическая добавка воздухововлекающего действия, вода.

**Задание 2.** В результате проведения функционально-стоимостного анализа попытаться снизить затраты на производство предварительно напряженных многопустотных плит перекрытий, выпускаемых в условиях завода железобетонных изделий по традиционной технологии.

**Задание 3.** В результате проведения функционально-стоимостного анализа попытаться снизить затраты на производство наружной стеновой панели из керамзитобетона, используемой в многоэтажном жилищном строительстве.

**Задание 4.** В результате проведения функционально-стоимостного анализа попытаться снизить затраты на производство керамзитового гравия, идущего на изготовление наружных стеновых панелей, и улучшить его качество. В настоящее время заводом выпускается керамзитовый гравий марки по насыпной плотности Д700 и марки по прочности М75, не удовлетворяющий современным требованиям, предъявляемым к нему.

Требуется наладить выпуск керамзитового гравия марки по насыпной плотности Д500 и марки по прочности М75.

## Лабораторная работа № 11

# ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ МАТРИЦЫ КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### 11.1. Цель работы

1. Освоение методики оценки параметров структуры и свойств неорганической матрицы композиционных строительных материалов;
2. Исследование влияния параметров структуры на физико-механические свойства матрицы композиционных строительных материалов.

### 11.2 Краткие теоретические сведения

Компоненты композиционного материала различаются по геометрическому признаку. Компонент, непрерывный в объеме, называется матрицей.

Матрица композиционного материала прежде всего делает его монолитным и позволяет создавать из композита изделия нужной формы. Объединяя в единое целое все структурные элементы композиционного материала, матрица обеспечивает работу материала как единого целого при восприятии внешних воздействий.

Виды матриц

Вне зависимости от вещественного состава матрицы можно разделить на три класса:

- кристаллические;
- аморфные;
- аморфно-кристаллические.

По вещественному составу выделяют следующие виды матриц:

- полимерные
- металлические
- минеральные.

Полимерным матрицам присуще в основном аморфное строение, поэтому материалы на их основе характеризуются высокой пластичностью, но низкой жесткостью. Они состоят из сшитых между собой макромолекул, которые из-за гибкости внутренних связей способны изменять форму, перемещаться относительно друг друга. На основе полимерных матриц получают такие строительные материалы как полимербетоны, слоистые пластики и др.

Металлические матрицы имеют поликристаллическое строение. Они состоят из кристаллов размером  $0,1 \dots 10$  мкм, соединенных межкристаллитным веществом. Металлические матрицы характеризуются большим разнообразием видов и свойств. Но все материалы на основе металлических матриц (металлов и их сплавов) обладают высокими показателями качества и используются в

наукоемких отраслях промышленности. В строительстве некоторое распространение имеют метоны - стальная или свинцовая матрицы+ наполнитель из прочных горных пород (гранит, базальт и т.д)

Минеральные материалы наиболее распространены в строительстве, они в основном имеют поликристаллическое или аморфно-кристаллическое строение. Они могут быть образованы из раствора или расплава. Силикатные и гипсовые и цементные материалы образованы из раствора. Структура их в процессе твердения изменяется от аморфной до аморфно-кристаллической и поликристаллической. Например, структура цементного камня в начальные твердения образована из частиц новообразований аморфной гелевидной формы и размеров. В процессе твердения эти частицы укрупняются, начинается рост кристаллов, которые в поздние сроки твердения преобладают в структуре. Этот процесс, называемый процессом старения, характерен для большинства минеральных матриц. От начальной, аморфной, их структура изменяется в сторону аморфно-кристаллической. В соответствии с этим изменяются и свойства от пластичного теста в начальной стадии до твердого тела, обладающего достаточно высокой прочностью и жесткостью – в последующем.

### **11.3. Контрольные вопросы**

1. Что называют композиционными строительными материалами?
2. Какой совокупностью параметров структуры характеризуются композиционные строительные материалы?
3. Какими показателями оценивают основные физико-механические свойства композиционных строительных материалов?

### **11.4. Оборудование, инструменты и материалы**

1. Емкости для приготовления смеси.
2. Формы-призмы 4×4×16 см.
3. Мерные цилиндры на 500 мл.
4. Весы торговые с пределами взвешивания до 10 кг.
5. Металлические линейки по ГОСТ 427-75.
6. Пресс гидравлический – УММ-20.

### **11.5. Рабочее задание**

Произвести оценку пористости и предела прочности при сжатии и изгибе образцов цементного (гипсового и др. вяжущего) с разным водовяжущим отношением. На основании полученных результатов работы проводится анализ влияния водовяжущего отношения на параметры структуры (пористость) и прочностные характеристики матрицы композиционных материалов.

## 11.6. Порядок выполнения работы

Подгруппа студентов разбивается на 3 звена. Каждое звено производит расчет состава матрицы, исходя из задаваемой величины водовяжущего отношения, которое указывается преподавателем.

Состав матрицы и расход материалов на 1 м<sup>3</sup> при заданном водовяжущем отношении (В/Вяж) рассчитывают, принимая некоторые допущения, исходя из следующих зависимостей:

$$\begin{cases} V_{\text{Вяж}} + V_{\text{В}} = 1; \\ m_{\text{В}} / m_{\text{Вяж}} = \text{В/Вяж}, \end{cases} \quad (11.1)$$

где  $V_{\text{Вяж}}$  - объем вяжущего вещества, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{В}}$  - объем воды, м<sup>3</sup>;

$m_{\text{В}}$  - масса воды, кг;

$m_{\text{Вяж}}$  - масса вяжущего, кг.

Для расчета материалов на 1 м<sup>3</sup> смеси приведенная система уравнений преобразуется следующим образом:

$$\frac{m_{\text{Вяж}}}{\rho_{\text{Вяж}}} + \frac{m_{\text{В}}}{\rho_{\text{В}}} = 1, \quad (11.2)$$

$$\frac{m_{\text{Вяж}}}{\rho_{\text{Вяж}}} + \frac{\text{В/Вяж} \cdot m_{\text{Вяж}}}{\rho_{\text{В}}} = 1, \quad (11.3)$$

где  $\rho_{\text{Вяж}}$  - истинная плотность вяжущего, кг/м<sup>3</sup>,

$\rho_{\text{В}}$  - истинная плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

Затем из уравнения (11.3) находят массу вяжущего вещества, в соответствии с заданным водовяжущим отношением определяют массу воды.

Каждое звено формует две серии образцов, отличающиеся величиной водовяжущего отношения. Серия состоит из 3 образцов-призм размером 4×4×16 см. Образцы всех серий, формуемые подгруппой, должны иметь одинаковые размеры. Твердение отформованных образцов всех серий осуществляется в одинаковых условиях, задаваемых преподавателем. После твердения образцы высушивают до постоянной массы и подвергают техническим испытаниям: их измеряют, взвешивают, а затем испытывают на прочность при изгибе и сжатии. Для оценки структуры матрицы рассчитывается относительный объем микропор и объем твердой фазы в единице ее объема.

После проведения испытаний образцов микробетона для каждого образца рассчитывают предел прочности при изгибе и сжатии и объемную долю пор ( $V_{пор}$ ). Для расчета объемной доли пор этого применяют формулу:

$$V_{пор} = 1 - \frac{\rho_m}{\rho_u}, \quad (11.4)$$

где  $\rho_m$  - средняя плотность матрицы в сухом состоянии, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_u$  - истинная плотность матрицы в сухом состоянии, кг/м<sup>3</sup>.

### 11.7. Содержание и результаты работы

Результаты испытаний заносят в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Результаты испытаний

В/Вяж серии образ- цов	Масса образ- ца, кг	Геомет- рические размеры образца, м	Объ- ем об- разца, м <sup>3</sup>	Средняя плотность образца, кг/м <sup>3</sup>	Среднее значение средней плотности образцов серии, кг/м <sup>3</sup>	Объем- ная доля пор образце, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	Разрушаю- щая нагрузка, Н		Предел проч- ности образ- ца, МПа	
							при изгибе	при сжа- тии	при изгибе	при сжа- тии

Результаты определения объемной доли пор и предела прочности при сжатии статистически обрабатывают: определяют оценку математического ожидания ( $M$ ) по формуле:

$$\bar{M} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (11.5)$$

величину среднеквадратического отклонения ( $S$ ):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{M} - x_i)^2}{n - 1}} \quad (11.6)$$

коэффициент изменчивости ( $C_v$ ):

$$C_v = \frac{S}{\bar{M}} \cdot 100 \% ; \quad (11.7)$$

Результаты статистической обработки (по всем звеньям) заносят в табл. 11.2.

Таблица 11.2

Результаты статистической обработки

В/Вяз серии образ- цов	Объемная доля пор			Предел прочности при сжа- тии			Предел прочности при изгибе		
	$V_{пор},$ $M^3/M^3$	$S, M^3/M^3$	$C_v, \%$	$R, MPa$	$S, MPa$	$C_v, \%$	$R,$ $MPa$	$S,$ $MPa$	$C_v, \%$

### 11.8. Выводы

На основе данных табл. 11.2 строят графические зависимости:

- 1) величины пористости матрицы от величины водовяжущего отношения  $V_n = f(V/V_{яз})$ ;
- 2) предела прочности при изгибе и сжатии от величины пористости матрицы  $R = f(V_n)$ ;
- 3) предела прочности при изгибе и сжатии от водовяжущего отношения  $R = f(V/V_{яз})$ .

На основании анализа полученных графических зависимостей делается заключение о влиянии водовяжущего отношения и объема пор на физико-механические свойства матрицы композиционных строительных материалов.

## Лабораторная работа № 12

### ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПОВ ЦЕМЕНТАЦИИ НА СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 12.1. Цель работы

Исследование влияния содержания зерен мелкого заполнителя на структуру (тип цементации) и свойства композиционного строительного материала (на примере мелкозернистого бетона).

## 12.2 Краткие теоретические сведения

Композиционный материал – это неоднородная, гетерофазная, полиминеральная, полидисперсная, полиструктурная система, имеющая дефектность.

Важнейшей чертой строения композиционных материалов является тип цементации включений матричным материалом. Тип цементации или то, каким образом структурные элементы соединены в единое целое в материале, является отражением количественного соотношения матрицы и включений в структуре композита.

Типы цементации характеризуются для следующего варианта получения композиционного материала: имеется система сложения частиц, в которую мы постепенно вводим связующий матричный материал, увеличивая его количество.

1. Рыхлозернистая несклеенная структура, имеющая малую прочность, которая определяется только внутренним сухим трением и механическим зацеплением частиц включений. Количественно характеризуется только межзерновым объемом пустот (рис. 12.1).

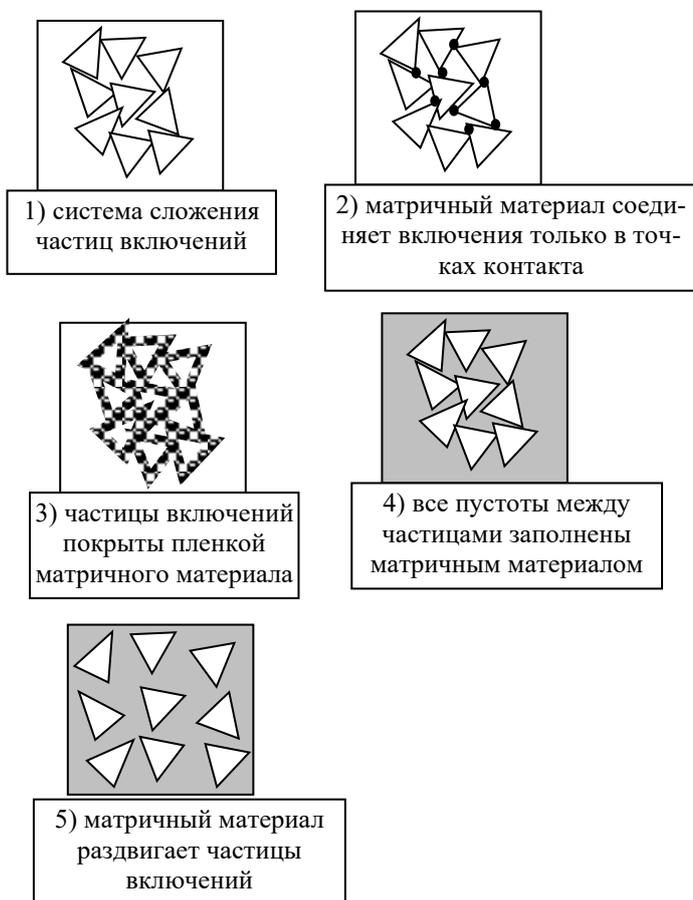


Рис. 12.1. Типы цементации композиционного материала

в которой межзерновой объем полностью заполнен матричным материалом, частицы могут быть несколько раздвинуты – поровая цементация.

$$K_{изб} = V_{матр}/V_{пуст} = 1 \text{ или } V_{матр}/V_{пуст} \geq 1$$

2. Тип цементации, когда система сложения частиц соединена в точках контакта матричным материалом, называется контактовой. Это дает нам монолитный макропористый материал, поровое пространство которого образуется незаполненными межзерновыми пустотами.

$K_{изб} = V_{матр}/V_{пуст} < 1$  – коэффициент раздвижки матричного материала.

3. Система сложения частиц, покрытых пленкой матричного материала, носит название пленочной цементации. Объем межзерновых пустот заполнен в незначительной степени.

$$K_{изб} = V_{матр}/V_{пуст} < 1$$

4. Система сложения частиц,

5. Система сложения частиц, в которой объем матрицы значительно превышает объем пустот, частицы раздвинуты матричным материалом – базальный тип цементации.

$$K_{изб} = V_{матр} / V_{пуст} > 1$$

Сувеличением объема матричного материала в структуре прочность композиционного материала возрастает до определенного предела (рис. 12.2), который при достижении поровой цементации может превысить прочность матрицы, но может и не превысить. При базальном типе цементации прочность композита может быть равна или ниже прочности матрицы.

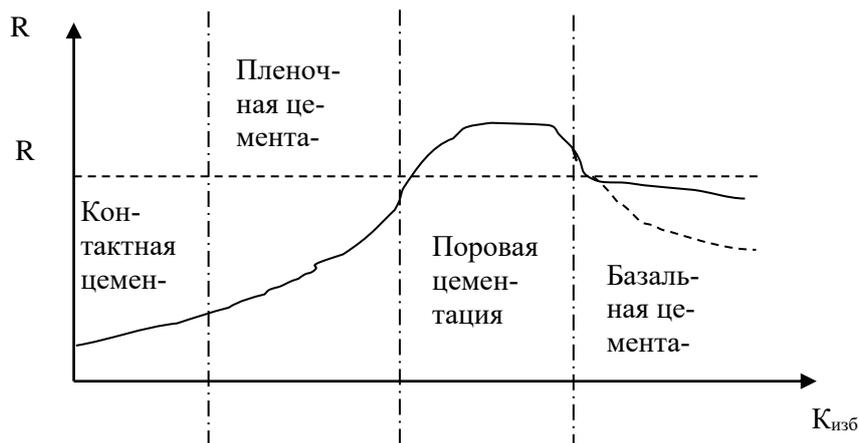


Рис. 12.2. Зависимость прочности композиционного материала от типа цементации

Последнее является следствием двойкой роли включений в структуре композита. При оптимальной цементации включения при развитии процесса разрушения материала удлиняют фронт трещины, и тем самым увеличивают работу разрушения. Когда цементация не оптимальна, преобладает роль включений как концентраторов напряжений, величина необходимой энергии разрушения уменьшается.

### 12.3. Контрольные вопросы

1. Что такое композиционный материал?
2. Что такое масштабный уровень структуры?
3. Как можно охарактеризовать структуру композиционного материала в виде двухкомпонентной системы «матрица-включение»?
4. Как тип цементации композиционных материалов влияет на их прочность?

### 12.4. Оборудование, инструменты и материалы

1. Емкость для приготовления смеси.
2. Формы-кубы (с ребром 50 или 70 мм).
3. Мерные цилиндры на 500 и 1000 мл.

4. Весы торговые с пределами взвешивания до 10 кг.
5. Мерный цилиндрический сосуд вместимостью 1 л.
6. Набор сит по ГОСТ 3584-73.
7. Металлические линейки по ГОСТ 427-75.
8. Пресс гидравлический – УММ-20.
9. Минеральное вяжущее вещество (портландцемент, гипс или др.).
10. Мелкий заполнитель (кварцевый песок или т.п.).

### 12.5. Рабочее задание

Произвести оценку пористости и предела прочности при сжатии образцов мелкозернистого бетона с различным объемным содержанием зернистых включений, которое обеспечивает изменение типа цементации в структуре композиционного материала. В качестве матрицы принимается материал, получаемый в первой лабораторной работе, включениями являются зерна песка. На основании полученных результатов работы проводится анализ влияния типа цементации на параметры структуры (пористость), прочность композиционных материалов и количественная оценка использования потенциала прочности матрицы в прочности композита.

### 12.6. Порядок выполнения работы

В начале работы проводится определение зернового состава, модуля крупности, объемной насыпной массы и пустотности песка согласно ГОСТ 8735-93 «Песок для строительных работ. Методы испытаний».

Исходя из величины пустотности песка ( $V_{пуст}$ ), рассчитывают состав смеси с различным коэффициентом избытка матричного материала ( $K_{изб} = V_M / V_{пуст}$ ). Величина  $K_{изб}$  принимается равной 0,9; 1,1 и 1,6. Подгруппа разбивается на 3 звена, каждое звено работает со своей величиной  $K_{изб}$ . Величина водовяжущего отношения принимается постоянной для всех серий образцов по результатам лабораторной работы №11. Расчет составов на 1 м<sup>3</sup> смесей производится исходя из следующих соотношений:

$$\begin{cases} V_M = K_{изб} \cdot V_{пуст}, \\ V_M = V_{вяж} + V_в, \end{cases} \quad (12.1)$$

где  $V_M$  – объем матричного материала в 1 м<sup>3</sup> смеси,  
 $V_{вяж}$  – объем вяжущего в 1 м<sup>3</sup> смеси,  
 $V_в$  – объем воды в 1 м<sup>3</sup> смеси.

Для расчета материалов на 1 м<sup>3</sup> смеси приведенная система уравнений преобразуется следующим образом:

$$\frac{m_{\text{вяж}}}{\rho_{\text{вяж}}} + \frac{m_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} = K_{\text{изб}} \cdot V_{\text{пуст}}, \quad (12.2)$$

$$\frac{m_{\text{вяж}}}{\rho_{\text{вяж}}} + \frac{B/\text{Вяж} \cdot m_{\text{вяж}}}{\rho_{\text{в}}} = K_{\text{изб}} \cdot V_{\text{пуст}}, \quad (12.3)$$

где  $m_{\text{в}}$  - масса воды, кг;

$m_{\text{вяж}}$  - масса вяжущего вещества, кг;

$\rho_{\text{вяж}}$  - истинная плотность вяжущего вещества, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{в}}$  - истинная плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

Затем из уравнения (12.3) находят массу вяжущего.

Расход включений ( $m_{\text{вк}}$ ) в кг/м<sup>3</sup> рассчитывают, исходя из соотношений:

$$\begin{aligned} V_{\text{вк}} &= 1 - V_{\text{М}}, \\ m_{\text{вк}} &= \rho_{\text{вк}} \cdot V_{\text{вк}}, \\ m_{\text{вк}} &= \rho_{\text{вк}} \cdot (1 - K_{\text{изб}} \cdot V_{\text{пуст}}), \end{aligned} \quad (12.4)$$

где  $\rho_{\text{вк}}$  - истинная плотность зерен включений, кг/м<sup>3</sup>;

$V_{\text{вк}}$  - объем включений в 1 м<sup>3</sup> смеси.

После проведения расчетов каждое звено формует серию из шести образцов-кубов со стороной ребра 5 см (7 см). Серии образцов отличаются величиной коэффициента избытка матричного материала. После твердения (условия твердения для всех смесей должны быть одинаковыми) образцы высушивают до постоянной массы и подвергают техническим испытаниям: их измеряют, взвешивают, а затем испытывают на прочность при сжатии.

## 12.7. Содержание и результаты работы

Результаты экспериментов статистически обрабатывают с вероятностью 0,95 (см. лабораторную работу №1) и заносятся в табл. 12.1.

## Результаты испытаний

К <sub>изб</sub> серии образцов	Масса образца, кг	Геометрические размеры образца, м	Средняя плотность образца, кг/м <sup>3</sup>	Среднее значение плотности образцов в серии, кг/м <sup>3</sup>	Разрушающая нагрузка при сжатии, Н	Предел прочности при сжатии образца, МПа	Результаты статистической обработки значений предела прочности при сжатии образцов		
							R, МПа	S, МПа	C <sub>v</sub> , %

При анализе полученных результатов для каждой серии образцов рассчитываются следующие параметры структуры: объемная доля пор и твердой фазы (матричного материала и включений) в 1 м<sup>3</sup> мелкозернистого бетона (см. лабораторную работу №11). По результатам испытаний определяется коэффициент использования потенциала прочности матрицы в прочности композита K<sub>инп</sub> по формуле:

$$K_{инп} = R_k / R_m, \quad (12.5)$$

где R<sub>к</sub> – предел прочности при сжатии композиционного материала,  
R<sub>м</sub> – предел прочности при сжатии матрицы.

Результаты расчетов заносят в табл. 12.2.

Таблица 12.2

Характеристика параметров структуры и свойств мелкозернистого бетона

Тип цементации	V <sub>тв.ф</sub> = V <sub>вк</sub> + V <sub>пор</sub> , м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент использования потенциала прочности матрицы (K <sub>инп</sub> )
Пленочный (K <sub>изб</sub> =0,9)			
Поровый (K <sub>изб</sub> =1,1)			
Базальный (K <sub>изб</sub> =1,6)			

## 12.8. Выводы

На основе данных табл. 12.2 строят графические зависимости:

- 1) величины пористости мелкозернистого бетона от K<sub>изб</sub> матричного материала: V<sub>п</sub> = f(K<sub>изб</sub>);
- 2) предела прочности при сжатии от K<sub>изб</sub> матричного материала: R<sub>сж</sub> = f(K<sub>изб</sub>);
- 3) коэффициента использования потенциала прочности матрицы в прочности композита от K<sub>изб</sub> матричного материала: K<sub>инп</sub> = f(K<sub>изб</sub>).

На основании анализа полученных графических зависимостей делается заключение о влиянии типа цементации на величину пористости и прочность композиционного материала.

### **Лабораторная работа № 13**

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТИПОВ ЦЕМЕНТАЦИИ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА МАКРОВКЛЮЧЕНИЙ (ЗЕРЕН КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ) НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА**

### **13.1. Цель работы:**

Исследование влияния фракционного состава и содержания зерен крупного заполнителя на структуру и свойства композиционного строительного материала.

### **13.2 Краткие теоретические сведения**

На масштабном уровне макроструктуры бетона (плотного, поризованного, ячеистого) можно выделить матричный материал (матрицу) и включения в ней в виде макрозерен заполнителя, макропор, каверн, пустот, трещин. В принципе можно полагать макроструктуру двухкомпонентной системой «матрица – включения». Такое определение удобно для анализа и количественной оценки строения.

Однако в этой системе в качестве самостоятельного структурного элемента необходимо выделять границы контакта: матричного и наполняющего материалов; твердой и жидкой фаз; твердой и газообразной фаз; жидкой и газообразной фаз.

На данном масштабном уровне могут и должны быть введены следующие количественные оценки характеристик и параметров структуры.

Объем матричного материала – объем матричного материала в одной объеме композита.

Объем крупного заполнителя в объеме композита - распределение зерен крупного заполнителя по размерам (зерновой, гранулометрический состав).

Объем макропор в материале; распределение макропор по размерам; характер упаковки макропор в объеме материала; прослойка матричного материала между частицами включений, в том числе величина (толщина) межпоровой перегородки; площадь поверхности контакта матричного материала и включения; содержание макротрещин в материале и их характеристика по глубине проникания, ширина раскрытия, протяженности.

Компонент прерывный, разделенный в объеме материала, называется включением. Включения могут быть твердыми (зерна, волокна, пластины); мо-

гут быть газообразными (поры, трещины, дефекты).

Включения в зависимости от их прочности (более прочные или менее прочные, чем матрица) могут выполнять следующие функции в композите: в первом случае воспринимать напряжения от механических нагрузок – создавать каркас в структуре, во втором случае, перераспределять напряжения, воспринимаемые более прочной матрицей, тормозя рост и распространение трещин.

По форме включения разделяют на 3 группы:

- нульмерные – в трех измерениях имеют сопоставимые размеры (зерно, шар в идеале);
- одномерные – один размер значительно превышает два других (волокно);
- двумерные – два размера значительно превосходят третий (пластина).

По расположению в матрице включения характеризуются:

- 1) одноосной ориентацией, типичной для волокон, все волокна расположены в одном направлении параллельно друг другу.
- 2) двухосной ориентацией, также типичной для волокон, которые с определенной закономерностью переплетены в одной плоскости.
- 3) трехосное (объемное), когда отсутствует преимущественное направление для расположения включений в объеме материала. Характерно как для зернистых, так и для волокнистых включений.

Класс нульмерных включений отличается большим разнообразием.

Нульмерные включения отличаются:

- по фазовому составу – бывают твердыми и газообразными (зерна заполнителя и поры);
- по размеру – от микрозаполнителей с размером зерна не более 0,01 мм до заполнителей с размером зерна более 100 мм,
- по форме – шарообразные, кубические, правильной и неправильной формы.

### **13.3. Контрольные вопросы**

1. Какие элементы структуры выделяются на макромасштабном уровне строения строительного композиционного материала?
2. Как классифицируются включения по форме и размеру?
3. Какие существуют варианты пространственной ориентации включений в матрице?

### **13.4. Оборудование, инструменты и материалы**

1. Емкость для приготовления смеси.
2. Формы-кубы (с размером ребра 100 мм).
3. Мерные цилиндры на 500 и 1000 мл.
4. Весы торговые с пределами взвешивания до 10 кг.
5. Мерные цилиндрические сосуды вместимостью 5; 10; 20 и 50 л.
6. Набор сит с отверстиями диаметром 3; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30 мм.

7. Пресс гидравлический – УММ-20.
8. Минеральное вяжущее вещество (портландцемент, гипс или др.).
9. Мелкий заполнитель (кварцевый песок или т.п.).
10. Крупный заполнитель (гранитный щебень, керамзитовый гравий и др.).

### 13.5. Рабочее задание

Произвести оценку пористости и предела прочности при сжатии образцов плотного бетона с различным объемным содержанием зерен крупного заполнителя. В качестве матрицы принимается мелкозернистая смесь оптимального состава (по данным лабораторной работы № 12). Включениями являются зерна крупного заполнителя (гранитного щебня) различного фракционного состава. На основании полученных результатов работы проводится анализ влияния объемного содержания крупного заполнителя различного фракционного состава на прочность композиционного материала и использование потенциала прочности матрицы в прочности композита.

### 13.6. Порядок выполнения работы

В начале работы необходимо определить зерновой состав крупного заполнителя (щебня или гравия) смешанной фракции согласно ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний». Звенья студенческой подгруппы работают с крупным заполнителем определенной фракции: два звена используют крупный заполнитель монофракционного состава различной крупности, одно звено использует заполнитель полифракционного состава.

Каждое звено определяет объемную насыпную массу и пустотность крупного заполнителя своей рабочей фракции согласно ГОСТ 8269.0-97. Исходя из величины пустотности заполнителя ( $V_{пуст}$ ) различных фракций, производится расчет составов смесей с различным коэффициентом избытка матричного материала ( $K_{изб}$ ). Каждое звено рассчитывает составы бетонной смеси для  $K_{изб} = 0,9; 1,1; 1,6$ . Величина водовяжущего отношения, величина соотношения массовых долей мелкого заполнителя и вяжущего вещества в составе матрицы принимаются постоянными для всех серий образцов и задаются согласно результатам лабораторных работ № 11 и № 12.

Расчет составов на  $1 \text{ м}^3$  смесей производят посредством следующих соотношений:

$$\begin{cases} V_M = K_{изб} \cdot V_{пуст}, \\ V_M = V_{вяж} + V_{МЗ} + V_{г}, \end{cases} \quad (13.1)$$

где  $V_M$  – объем матричного материала в 1 м<sup>3</sup> смеси,  
 $V_{\text{вяж}}$  - объем вяжущего в 1 м<sup>3</sup> смеси,  
 $V_{M3}$  – объем мелкого заполнителя в 1 м<sup>3</sup> смеси,  
 $V_B$  - объем воды в 1 м<sup>3</sup> смеси.

Для расчета расхода материалов на 1 м<sup>3</sup> смеси приведенная система уравнений преобразуется следующим образом:

$$\frac{m_{\text{вяж}}}{\rho_{\text{вяж}}} + \frac{m_{M3}}{\rho_{M3}} + \frac{m_B}{\rho_B} = K_{\text{изб}} \cdot V_{\text{пуст}}, \quad (13.2)$$

$$\frac{m_{\text{вяж}}}{\rho_{\text{вяж}}} + \frac{m_{M3} / \text{Вяж} \cdot m_{\text{вяж}}}{\rho_{M3}} + \frac{B / \text{Вяж} \cdot m_{\text{вяж}}}{\rho_B} = K_{\text{изб}} \cdot V_{\text{пуст}}, \quad (13.3)$$

где  $m_{\text{вяж}}$  - масса вяжущего вещества, кг;  
 $m_{M3}$  - масса мелкого заполнителя, кг;  
 $m_B$  - масса воды, кг;  
 $\rho_{\text{вяж}}$  - истинная плотность вяжущего вещества, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_{M3}$  - истинная плотность зерен мелкого заполнителя, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_B$  – истинная плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

Затем из уравнения (13.3) находят массу вяжущего вещества и массу мелкого заполнителя. Расход включений  $m_{\text{вк}}$  в кг/м<sup>3</sup> рассчитывают по формуле (12.4) (см. лабораторную работу № 12).

Каждое звено формует по 3 серии из 6 образцов-кубов со стороной ребра 10 см, используя крупный заполнитель своей рабочей фракции. Серии образцов отличаются величиной коэффициента избытка матричного материала. После твердения (условия твердения для всех серий образцов должны быть одинаковыми) образцы высушивают до постоянной массы и подвергают техническим испытаниям: их измеряют, взвешивают, а затем испытывают на прочность при сжатии.

### 13.7 Содержание и результаты работы

Результаты экспериментов статистически обрабатывают с вероятностью 0,95 (см. лабораторную работу №11) и заносятся в табл. 13.1.

## Результаты испытаний

K <sub>изб</sub> се- рии об- разцов	Мас- са об- раз- ца, кг	Геомет- риче- ские разме- ры об- разца, м	Средняя плотность образца, кг/м <sup>3</sup>	Среднее значение плотности образцов в серии, кг/м <sup>3</sup>	Разру- шающая нагрузка при сжа- тии, Н	Предел прочно- сти при сжатии образца, МПа	Результаты статистической обработки значений предела прочности при сжатии образ- цов		
							R, МПа	S, МПа	C <sub>v</sub> , %

Для анализа полученных результатов для каждой серии образцов рассчитываются следующие параметры структуры: объемная доля пор и твердой фазы (матричного материала и включений) в 1 м<sup>3</sup> бетона (см. лабораторную работу №1). По результатам испытаний определяется коэффициент использования потенциала прочности матрицы K<sub>ипп</sub>.

Результаты расчетов заносят в табл. 3.2.

Таблица 13.2

## Характеристика параметров структуры и свойств бетона

Фракционный состав крупно- го заполнителя	Тип цемента- ции	$V_{\text{тв.ф}} = V_{\text{вк}} +$ $V_{\text{м}}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$V_{\text{пор}},$ $\text{ м}^3/\text{м}^3$	Предел прочности при сжа- тии, МПа	Коэффициент ис- пользования по- тенциала прочно- сти матрицы (K <sub>ипп</sub> )
	Пленочный (K <sub>изб</sub> =0,9)				
	Поровый (K <sub>изб</sub> =1,1)				
	Базальный (K <sub>изб</sub> =1,6)				

## 13.8. Выводы

На основе данных табл. 13.2 строят графические зависимости:

1) величины пористости, предела прочности при сжатии, коэффициента использования потенциала прочности матрицы от K<sub>изб</sub> матричного материала  $V_{\text{п}} = f(K_{\text{изб}})$ ;  $R_{\text{сж}} = f(K_{\text{изб}})$ ;  $K_{\text{ипп}} = f(K_{\text{изб}})$  для бетонов, изготовленных на заполнителях различного фракционного состава;

2) предела прочности при сжатии и коэффициента использования потенциала прочности матрицы бетона от фракционного состава крупного заполнителя

На основании анализа полученных зависимостей делается заключение о влиянии типа цементации, фракционного состава крупного заполнителя на пористость и прочность композиционного материала

## Лабораторная работа № 14

### ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМНОЙ ДОЛИ МАКРОПОР НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ПОРИЗОВАННОГО БЕТОНА

#### 14.1. Цель работы:

Исследовать влияние степени наполнения мелкозернистой матрицы макропорами на прочность композиционного материала.

#### 14.2 Краткие теоретические сведения

Макропористые бетоны отличаются большим числом разновидностей.

Они различаются по следующим признакам:

- по виду вяжущего (цементные, силикатные, на смешанных вяжущих);
- по способу формирования макропористой структуры (пенобетоны, газобетоны, аэрированные бетоны, поризованные бетоны);
- по условиям организации процессов твердения (естественного твердения и твердеющих с применением тепловой обработки автоклавной и неавтоклавной);
- по применению (от конструкционных до теплоизоляционных).

Все строительные материалы имеют в своей структуре газофазовые включения или определенный объем порового пространства. Поры различаются

- по механизму происхождения;
- по размерам,
- по форме.

Объем и структура порового пространства в такой же мере как и объем и структура твердой фазы оказывает влияние на свойства материала, а именно на прочность, деформативность, теплопроводность и т.д.

Механизм образования пор.

Различают две группы пор по способу получения.

1 группа, образованная системами сложения частиц (корпускулярные структуры), - поровое пространство представляет собой межчастичный объем в системе их сложения. Например, песок, щебень, войлок, крупнопористые бетоны.

2 группа – системы вычитания или губчатые структуры. Поровое пространство является результатом физико-химических превращений при формировании структуры композита, процессов растворения, разложения и т.д. Например, испарение избыточной воды затворения при формировании структуры всех видов бетонов, выгорание добавок при изготовлении керамики.

При формировании порового пространства всегда присутствует элемент как закономерности, так и случайности. Закономерность реализуется в том, что при создании композита заранее задается определенный объем его порового

пространства, стремимся в зависимости от этого реализовать определенную форму пор и тип их упаковки. Однако технология реальных материалов не позволяет осуществить заданные параметры без определенных отклонений от задаваемых параметров, то есть без элемента случайности.

В связи с этим для размерно-геометрической характеристики порового пространства используют кривые распределения пор по размерам (рис. 14.1).

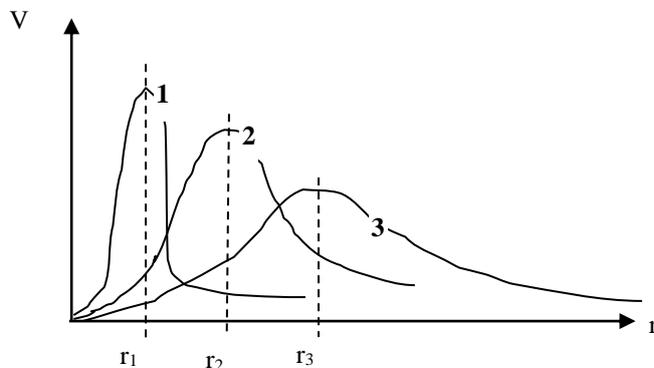


Рис. 14.1. Кривые распределения пор по размерам

Данные кривые показывают поры какого радиуса преобладают в материале. Например, в материале, охарактеризованном кривыми 1 и 2, преобладают поры с радиусами  $r_1$  и  $r_2$ , а в материале с кривой 3, нет количественного преобладания пор одного радиуса, поры имеют различные размеры.

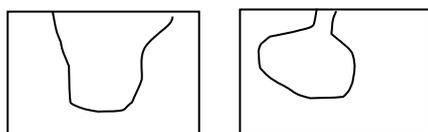
Помимо размера поры характеризуют по форме и ориентации в материале.

### Типы пор

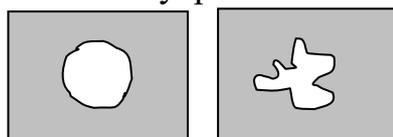
#### 1. Сквозные открытые



#### 2. Открытые тупиковые



#### 3. Внутренние замкнутые



По форме эти типы пор разделяют на относительно геометрически правильные (ячеистые поры) и неправильные (капиллярные поры).

### **14.3. Вопросы для подготовки к работе**

1. Какие существуют разновидности макропористых бетонов?
2. Каковы основные положения классификации порового пространства по механизму образования пор?
3. Какими типами пор с точки зрения их размерно–геометрических характеристик представлено поровое пространство строительных композиционных материалов?

### **14.4. Оборудование, инструменты и материалы**

1. Скоростной лабораторный смеситель роторного типа с вертикальным валом.
2. Емкость для приготовления поризованной смеси.
3. Формы-кубы (10×10×10 см).
4. Мерные цилиндры на 10, 100, 500 и 1000 мл.
5. Весы торговые с пределами взвешивания до 10 кг.
6. Секундомер.
7. Пресс гидравлический – УММ-20.
10. Минеральное вяжущее вещество (портландцемент, гипс или др.).
11. Мелкий заполнитель (кварцевый песок или т.п.).
12. Поверхностно-активная добавка воздухововлекающего действия.

### **14.5. Рабочее задание**

Произвести оценку пористости и прочности поризованного бетона различной средней плотности. В качестве матрицы принимается мелкозернистый бетон оптимального состава (по данным лабораторной работы №2), включениями являются макропоры – поры, создаваемые при помощи воздухововлечения при перемешивании. На основании полученных результатов работы проводится анализ влияния объемного содержания макропор на прочность композиционного материала и использование потенциала прочности матрицы в прочности композита.

### **14.6. Порядок выполнения работы**

Подгруппа студентов разбивается на 3 звена. Каждое звено производит расчет состава мелкозернистой смеси, на основе заданной степени поризации, которая указывается преподавателем. Состав смеси по массовым соотношениям цемента, песка и воды во всех сериях должен быть одинаковым и принимается по данным лабораторной работы №2. Степень поризации (заданная средняя плотность) бетонной смеси изменяется за счет варьирования дозировки добавки ПАВ воздухововлекающего действия, которая указывается преподавателем.

Расчет составов на 1 м<sup>3</sup> непоризованной бетонной смеси производится следующим образом:

$$V_{\text{вяж}} + V_{\text{МЗ}} + V_{\text{в}} = 1, \quad (14.1)$$

$$\frac{m_{\text{вяж}}}{\rho_{\text{вяж}}} + \frac{m_{\text{МЗ}}}{\rho_{\text{МЗ}}} + \frac{m_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} = 1, \quad (14.2)$$

$$\frac{m_{\text{вяж}}}{\rho_{\text{вяж}}} + \frac{m_{\text{МЗ}} / \text{Вяж} \cdot m_{\text{вяж}}}{\rho_{\text{МЗ}}} + \frac{V / \text{Вяж} \cdot m_{\text{вяж}}}{\rho_{\text{в}}} = 1, \quad (14.3)$$

где  $V_{\text{вяж}}$  - объем вяжущего вещества в 1 м<sup>3</sup> смеси,

$V_{\text{МЗ}}$  - объем мелкого заполнителя в 1 м<sup>3</sup> смеси,

$V_{\text{в}}$  - объем воды в 1 м<sup>3</sup> смеси.

$m_{\text{вяж}}$  - масса вяжущего вещества, кг;

$m_{\text{МЗ}}$  - масса мелкого заполнителя, кг;

$m_{\text{в}}$  - масса воды, кг;

$\rho_{\text{вяж}}$  - истинная плотность вяжущего вещества, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{МЗ}}$  - истинная плотность зерен мелкого заполнителя, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{в}}$  - истинная плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.

Расход воздухововлекающей добавки  $M_{\text{д}}$  рассчитывают по формуле:

$$M_{\text{д}} = \frac{m_{\text{вяж}} \cdot D}{C_{\text{д}} \cdot \rho_{\text{д}}}, \quad (14.4)$$

где  $D$  - массовая доля добавки, % от массы цемента;

$C_{\text{д}}$  - концентрация добавки, %;

$\rho_{\text{д}}$  - плотность добавки, кг/м<sup>3</sup>.

После проведения расчетов каждое звено формирует 1 серию из шести образцов-кубов с размером ребра 10 см. Серии образцов отличаются степенью поризации (объемным содержанием макропор).

После твердения (образцы твердеют в нормальных условиях при  $t=20\pm 5$  °С,  $W\approx 100\%$ ) образцы высушивают до постоянной массы и подвергают техническим испытаниям: их измеряют, взвешивают, а затем испытывают на прочность при сжатии.

## 14.7. Содержание и результаты работы

Результаты экспериментов статистически обрабатывают с вероятностью 0,95 (см. лабораторную работу № 11) и заносятся в табл. 14.1.

## Результаты испытаний

Задаваемая степень поризации серии образцов	Масса образца, кг	Геометрические размеры образца, м	Средняя плотность образца, кг/м <sup>3</sup>	Среднее значение плотности образцов в серии, кг/м <sup>3</sup>	Разрушающая нагрузка при сжатии, Н	Предел прочности при сжатии образца, МПа	Результаты статистической обработки значений предела прочности при сжатии образцов		
							R, МПа	S, МПа	C <sub>v</sub> , %

Для анализа полученных результатов для каждой серии образцов рассчитывается объемная доля макропор. Объемную долю макропор  $V_{мп}$  рассчитывают по формуле

$$V_{мп} = \left( 1 - \frac{\rho_k}{\rho_m} \right), \quad (4.5)$$

где  $\rho_k$  - средняя плотность композита, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_m$  - средняя плотность матрицы, кг/м<sup>3</sup>. Используют данные лабораторной работы №12.

По результатам испытаний определяется коэффициент использования потенциала прочности матрицы  $K_{инп}$ .

Результаты расчетов заносят в табл. 14.2.

Таблица 14.2

## Характеристика параметров структуры и свойств поризованного бетона

Средняя плотность поризованного бетона, кг/м <sup>3</sup>	$V_{мп}$ , м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент использования потенциала прочности матрицы ( $K_{инп}$ )

## 14.8. Выводы

На основе данных табл. 14.2 строят графические зависимости:

1) объемной доли макропор поризованного бетона от средней плотности  $V_{мп} = f(\rho_{ср})$ ;

2) предела прочности при сжатии от объемной доли макропор  $R_{сж} = f(V_{мп})$ ;

3) коэффициента использования потенциала прочности матрицы от объемной доли макропор  $K_{инп} = f(V_{мп})$ .

На основании анализа полученных зависимостей делается заключение о влиянии объемного содержания макропор на прочность композиционного материала и коэффициент использования потенциала прочности матрицы.

## Лабораторная работа № 15

# ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМНОЙ ДОЛИ ВОЛОКНИСТЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

### 15.1. Цель работы:

Исследовать влияние на прочность композиционного материала степени наполнения мелкозернистой матрицы волокнистыми включениями (на примере дисперсно-армированного мелкозернистого бетона).

### 15.2 Краткие теоретические сведения

Дисперсно-армированный бетон (фибробетон) - это бетон, армированный дисперсными волокнами (фибрами).

По расположению в матрице волокнистые включения характеризуются

- одноосной ориентацией, типичной для волокон, все волокна расположены в одном направлении параллельно друг другу.

- двухосной ориентацией, также типичной для волокон, которые с определенной закономерностью переплетены в одной плоскости.

Схема расположения включений определяет изотропию и анизотропию свойств материала.

Изотропия - физико-механические свойства материала одинаковы по всем направлениям его объема.

Анизотропия - физико-механические свойства материала отличаются по объему в различных направлениях.

Координация включений по двухосной схеме создаются предварительно, еще до создания композита и достигается она ткацкой переработкой волокон, то есть сначала перед созданием композита делаются сетки. При этом для пластичных волокон полотно сеток делается с типом плетения, характерным для тканей, то есть малорастяжимым. Для непластичных, жестких волокон применяют трикотажный тип полотна, когда волокна переплетаются по петельному типу, что позволяет при малой растяжимости самого волокна обеспечить определенную растяжимость сетки.

Механизм влияния дисперсного армирования на физико-механические свойства композиционного материала рассматривается, прежде всего, с позиции механики торможения трещин при разрушении.

В частности, введение волокнистых включений препятствует движению трещины, предотвращая ее раскрытие за счет армирования материала, когда берега трещины связаны арматурой. Здесь эффект торможения трещин определяется необходимостью затрат дополнительной энергии на разрыв арматуры (волокна) и на выдергивание арматуры из тела конструкции. Например, на уровне

цементирующего вещества путем его “самомикроармирования”, на уровне микробетона за счет дисперсного армирования фиброй (мезоармирования) высокопрочными волокнами (асбест, стекловолокно и другие щелочестойкие волокна), на уровне железобетонной конструкции – это ее армирование стержнями.

### **15.3. Вопросы для подготовки к работе**

1. Что называют дисперсно-армированными бетонами?
2. Какие существуют схемы ориентации волокнистых включений в структуре композиционного материала?
3. Каков механизм влияния дисперсного армирования на физико-механические свойства композиционного материала?

### **15.4. Оборудование, инструменты и материалы**

1. Емкость для приготовления бетонной смеси.
2. Формы-призмы (4×4×16 см).
3. Мерные цилиндры на 500 и 1000 мл.
4. Весы торговые с пределами взвешивания до 10 кг.
5. Секундомер.
6. Пресс гидравлический – УММ-20.
7. Минеральное вяжущее вещество (портландцемент, гипс или др.).
8. Мелкий заполнитель (кварцевый песок или т.п.).
9. Армирующее волокно (асбестовое, базальтовое или др.).

### **15.5. Рабочее задание**

Произвести оценку пористости и прочности дисперсно-армированного мелкозернистого бетона с различным содержанием волокнистых армирующих включений. В качестве матрицы принимается мелкозернистый бетон оптимального состава (по данным лабораторной работы №12), включениями являются волокна с диаметром 20...200 мкм. На основании полученных результатов работы проводится анализ влияния объемного содержания волокон на прочность при изгибе и сжатии композиционного материала и использование потенциала прочности матрицы в прочности композита.

### **15.6. Порядок выполнения работы**

Для выполнения лабораторной работы подгруппа разбивается на 3 звена. Каждое звено формирует 2 серии из шести образцов-призм размером 4×4×16 см.

Серии образцов отличаются содержанием армирующих волокнистых включений. Объемное содержание волокон в 1 м<sup>3</sup> бетона назначается преподавателем в зависимости от применяемого вида волокна и определяется в диапазоне от 0 до 0,05 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, что обеспечивает соответствие количества армирующих элементов концентрации трещин в единице объема бетона, чем достигается эффективное торможение процесса трещинообразования.

Состав смеси по расходу цемента, песка и воды во всех сериях должен быть одинаковым и аналогичным оптимальному мелкозернистого бетона по результатам лабораторной работы №12.

Расчет расхода волокон на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси производят исходя из соотношений:

$$\left. \begin{aligned} V_{\text{фибр}} &= V_{\text{бс}} \cdot C_{\text{фибр}}, \\ m_{\text{фибр}} &= V_{\text{фибр}} \cdot \rho_{\text{фибр}}, \end{aligned} \right\} \quad (15.1)$$

где  $V_{\text{бс}}$  – объем бетонной смеси, м<sup>3</sup>;

$V_{\text{фибр}}$  – объем фибр, м<sup>3</sup>;

$C_{\text{фибр}}$  – объемная доля волокон, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>;

$\rho_0$  – истинная плотность волокон, кг/м<sup>3</sup>.

После твердения (образцы твердеют в нормальных условиях при  $t=20 \pm 5$  °С,  $W \approx 100$  %) образцы высушивают до постоянной массы и подвергают техническим испытаниям: их измеряют, взвешивают, а затем испытывают на прочность при изгибе и сжатии.

### 15.7. Содержание и результаты работы

Результаты экспериментов статистически обрабатывают с вероятностью 0,95 (см. лабораторную работу №11) и заносятся в табл. 15.1.

Для анализа полученных результатов для каждой серии образцов рассчитывается массовая доля волокон в 1 м<sup>3</sup> мелкозернистого бетона.

По результатам испытаний определяется коэффициент использования потенциала прочности матрицы  $K_{\text{инп}}$ . Результаты расчетов заносят в таблицу 15.2.

Таблица 15.1

## Результаты испытаний

Объемная доля волокнистых включений, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	Масса образца, кг	Геометрические размеры образца, м	Разрушающая нагрузка		Предел прочности образца		Результаты статистической обработки значений предела прочности при сжатии образцов			Результаты статистической обработки значений предела прочности при изгибе образцов		
			при сжатии, Н	при изгибе, Н	при сжатии, МПа	при изгибе, МПа	R, МПа	S, МПа	C <sub>v</sub> , %	R, МПа	S, МПа	C <sub>v</sub> , %

Таблица 15.2

## Характеристика параметров структуры и свойств дисперсно-армированного мелкозернистого бетона

Массовая доля волокнистых включений, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Коэффициент использования потенциала прочности матрицы (K <sub>ипп</sub> )	
			при изгибе	при сжатии

## 15.8. Выводы

На основе данных табл. 15.2 строят графические зависимости:

1) предела прочности при изгибе и сжатии от объемной доли волокнистых включений:  $R_{сж} = f(V_{фибр})$ ,  $R_{изг} = f(V_{фибр})$ ;

2) коэффициента использования потенциала прочности матрицы при изгибе и сжатии от объемной доли волокнистых включений:  $K_{иппизг} = f(V_{фибр})$ ,  $K_{иппсж} = f(V_{фибр})$ ;

На основании анализа полученных зависимостей делается заключение о влиянии объемного содержания волокнистых включений на пористость и прочность композиционного материала и коэффициент использования потенциала прочности матрицы.

## Лабораторная работа № 16

# ИЗУЧЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ВЛИЯНИЯ ТИПОВ ЦЕМЕНТАЦИИ И СОСТАВА МАТРИЦЫ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

### 16.1. Цель работы:

Исследовать влияние содержания комплексного модификатора МБ-01 и объемного соотношения матрицы и включений на структуру и свойства композиционного строительного материала.

### 16.2 Краткие теоретические сведения

Микромасштабный уровень структуры характеризуется увеличением в 100 раз.

Строение материала на данном масштабном уровне отвечает связующему веществу на уровне мелкозернистого бетона. Этот третий масштабный уровень структуры отвечает строению так называемого микробетона (микробетон Юнга, который считал, что негидратированные зерна цемента являются своего рода частицами заполнителя в массе гидратированного цемента, в массе новообразований и создают вместе с ними и капиллярными порами своего рода бетон - микробетон. В последующем эти представления были перенесены и в отношении цементов с неорганическими тонкозернистыми добавками, с так называемым микрозаполнителем, который вместе с остаточными зёрнами цемента образует своего рода каркас на данном масштабном уровне структуры).

Для данного масштабного уровня структуры также должны быть введены количественные оценки параметров структуры, и они будут касаться объема матричного материала, объема мелкозернистых включений, объема микропор, радиуса микропор, распределения по размерам структурных элементов - зерен и микропор.

При формировании структуры возможно существование контактного и разобщенного пространственного размещения включений в матрице. Это характеризуется типом упаковки с определенным числом контактов частиц и определенным межзерновым зазором. Ясно, что в зависимости от этого система будет обладать различными свойствами. Отсюда очевидна важность проблемы пространственной координации частиц.

Наполнителями в широком понимании этого слова называются самые разнообразные по химическому составу и происхождению природные и искусственные дисперсные материалы, вводимые в технические смеси для их удешевления и для придания им определенных эксплуатационных свойств.

Функции наполнителей многообразны: они могут вызывать упрочнение материала; оказывать армирующий, уплотняющий, стабилизирующий эффект, участвовать в организации структуры цементного камня.

Все наполнители подразделяются на две большие группы: природные и искусственные наполнители.

Учитывая то, что химико-минералогическая природа наполнителей, используемых в строительстве, чрезвычайно разнообразна, была предложена следующая классификация наполнителей (при их удельной поверхности в пределах от 400 до 500 м<sup>2</sup>/кг):

– I группа включает самостоятельно твердеющие дисперсные наполнители (СТДН) с сильно замедленными сроками формирования структуры и индукционным периодом до нескольких суток (шлаки, золы и др.);

– II группа – наполнители, химически взаимодействующие с продуктами гидратации цемента (ХВДН) – сильноокислые золы и шлаки, активный микрокремнезем;

– III группа дисперсных наполнителей характеризуется низкой реакционной активностью в смеси с цементом. Это низкорекреационноактивные наполнители (НРАН): сиениты, габбро, диабазы, бокситы, магнезиты;

– IV группа – реакционно неактивные наполнители (РНН). Они могут выступать или в качестве структурно-топологической составляющей, или в роли центров кристаллизации при структурообразовании цементного камня [13].

### **16.3. Контрольные вопросы**

1. Как матрицы классифицируются по энергетическому и вещественному состоянию?
2. Какие элементы структуры выделяются на микромасштабном уровне строения композиционного строительного материала?
3. Как классифицируются включения по форме и размеру?
4. Какие существуют наполнители?

### **16.4. Оборудование, инструменты и материалы**

1. Емкость для приготовления смеси.
2. Формы-кубы (с размером ребра 100 мм).
3. Мерные цилиндры на 500 и 1000 мл.
4. Весы торговые с пределами взвешивания до 10 кг.
5. Мерные цилиндрические сосуды вместимостью 5; 10; 20 и 50 л.
6. Набор сит с отверстиями диаметром 3; 5; 7,5; 10; 12,5; 15; 20; 25; 30 мм.
7. Пресс гидравлический – УММ-20.
8. Минеральное вяжущее вещество (портландцемент).

9. Модификатор МБ-01
10. Мелкий заполнитель (кварцевый песок).
11. Крупный заполнитель (гранитный щебень).

### 16.5. Рабочее задание

Произвести оценку предела прочности при сжатии образцов плотного бетона с различным объемным содержанием в матрице модификатора МБ-01 и различным объемным содержанием зерен крупного заполнителя. В качестве матрицы принимается мелкозернистая смесь, в состав которой входят цемент, модификатор МБ-01, песок (количественное соотношение в смеси вяжущего вещества (Ц+МБ) и песка принимается по данным лабораторной работы №2), включениями являются зерна крупного заполнителя (гранитного щебня). На основании полученных результатов работы проводится анализ влияния дозировки модификатора на прочность композиционного материала и использование потенциала прочности матрицы в прочности композита с различными типами цементации.

### 16.6. Порядок выполнения работы

Студенческая группа разбивается на два звена, каждое из которых работает с определенной дозировкой модификатора при различном объемном содержании зерен крупного заполнителя. Первое звено применяет модификатор МБ-01 в количестве 10% от массы цемента, второе звено применяет модификатор МБ-01 в количестве 12% от массы цемента. Проводится определение объемной насыпной массы и пустотности крупного заполнителя согласно ГОСТ 8269.0-97 («Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний»). Исходя из величины пустотности заполнителя ( $V_{пуст}$ ) различных фракций, производится расчет составов смесей с различным коэффициентом избытка матричного материала ( $K_{изб}$ ). Каждое звено рассчитывает составы бетонной смеси для  $K_{изб} = 0,9; 1,1; 1,6$ . Величина водовяжущего отношения, величина соотношения массовых долей мелкого заполнителя и модифицированного вяжущего вещества (цемент + модификатор МБ-01) в составе матрицы принимаются постоянными для всех серий образцов и задаются согласно результатам лабораторных работ №11 и №12.

Расчет составов на  $1 \text{ м}^3$  смесей производят исходя из следующих соотношений:

$$\left. \begin{aligned} V_M &= K_{изб} \cdot V_{пуст}, \\ V_M &= V_{вяж} + V_{МЗ} + V_{г} + V_{МБ-01}, \end{aligned} \right\} \quad (16.1)$$

где  $V_M$  – объем матричного материала в 1 м<sup>3</sup> смеси,  
 $V_{\text{вяж}}$  – объем вяжущего в 1 м<sup>3</sup> смеси,  
 $V_{M3}$  – объем мелкого заполнителя в 1 м<sup>3</sup> смеси,  
 $V_B$  – объем воды в 1 м<sup>3</sup> смеси,  
 $V_{MB-01}$  – объем модификатора в 1 м<sup>3</sup> смеси.

Для расчета расхода материалов на 1 м<sup>3</sup> смеси приведенная система уравнений преобразуется следующим образом:

$$\frac{m_{\text{вяж}}}{\rho_{\text{вяж}}} + \frac{m_{M3}}{\rho_{M3}} + \frac{m_B}{\rho_B} + \frac{m_{MB-01}}{\rho_{MB-01}} = K_{\text{изб}} \cdot V_{\text{пуст}}, \quad (16.2)$$

$$\frac{m_{\text{вяж}}}{\rho_{\text{вяж}}} + \frac{m_{M3}}{\rho_{M3}} \cdot \frac{m_{\text{вяж}}}{V_{\text{вяж}}} + \frac{B}{V_{\text{вяж}}} \cdot \frac{m_{\text{вяж}}}{\rho_B} + \frac{K \cdot m_{\text{вяж}}}{\rho_{MB-01}} = K_{\text{изб}} \cdot V_{\text{пуст}}, \quad (16.3)$$

где  $m_{\text{вяж}}$  – масса вяжущего вещества, кг;  
 $m_{M3}$  – масса мелкого заполнителя, кг;  
 $m_B$  – масса воды, кг;  
 $\rho_{\text{вяж}}$  – истинная плотность вяжущего вещества, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_{M3}$  – истинная плотность зерен мелкого заполнителя, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\rho_B$  – истинная плотность воды, кг/м<sup>3</sup>.  
 $\rho_{MB-01}$  – истинная плотность модификатора, кг/м<sup>3</sup>.  
 $K$  – массовая доля модификатора от массы цемента.

Затем из уравнения (16.3) находят массу вяжущего вещества и массу мелкого заполнителя. Расход включений  $m_{\text{вк}}$  в кг/м<sup>3</sup> рассчитывают по формуле (12.4) (см. лабораторную работу №12).

Каждое звено формует по 3 серии из шести образцов-кубов со стороной ребра 10 см, используя крупный заполнитель своей рабочей фракции. Серии образцов отличаются величиной коэффициента избытка матричного материала. После твердения (условия твердения для всех серий образцов должны быть одинаковыми) образцы высушивают до постоянной массы и подвергают техническим испытаниям: их измеряют, взвешивают, а затем испытывают на прочность при сжатии.

## 16.7. Содержание и результаты работы

Результаты экспериментов статистически обрабатывают с вероятностью 0,95 (см. лабораторную работу №11) и заносятся в табл. 16.1.

Таблица 16.1

## Результаты испытаний

К <sub>изб</sub> серии образцов	Масса образца, кг	Геометрические размеры образца, м	Средняя плотность образца, кг/м <sup>3</sup>	Среднее значение плотности образцов в серии, кг/м <sup>3</sup>	Разрушающая нагрузка при сжатии, Н	Предел прочности при сжатии образца, МПа	Результаты статистической обработки значений предела прочности при сжатии образцов		
							R, МПа	S, МПа	C <sub>v</sub> , %

При анализе полученных результатов для каждой серии образцов рассчитываются следующие параметры структуры: объемная доля пор и твердой фазы (матричного материала и включений) в 1 м<sup>3</sup> бетона (см. лабораторную работу №1). По результатам испытаний определяется коэффициент использования потенциала прочности матрицы K<sub>ипп</sub>.

Результаты расчетов заносят в табл. 16.2.

Таблица 16.2

## Характеристика параметров структуры и свойств бетона

Содержание модификатора МБ-01, % от массы цемента	Тип цементации	$V_{тв.ф} = V_{вк} + V_M, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$V_{пор}, \text{ м}^3/\text{м}^3$	Предел прочности при сжатии, МПа	Коэффициент использования потенциала прочности матрицы (K <sub>ипп</sub> )
	Пленочный (K <sub>изб</sub> =0,9)				
	Поровый (K <sub>изб</sub> =1,1)				
	Базальный (K <sub>изб</sub> =1,6)				

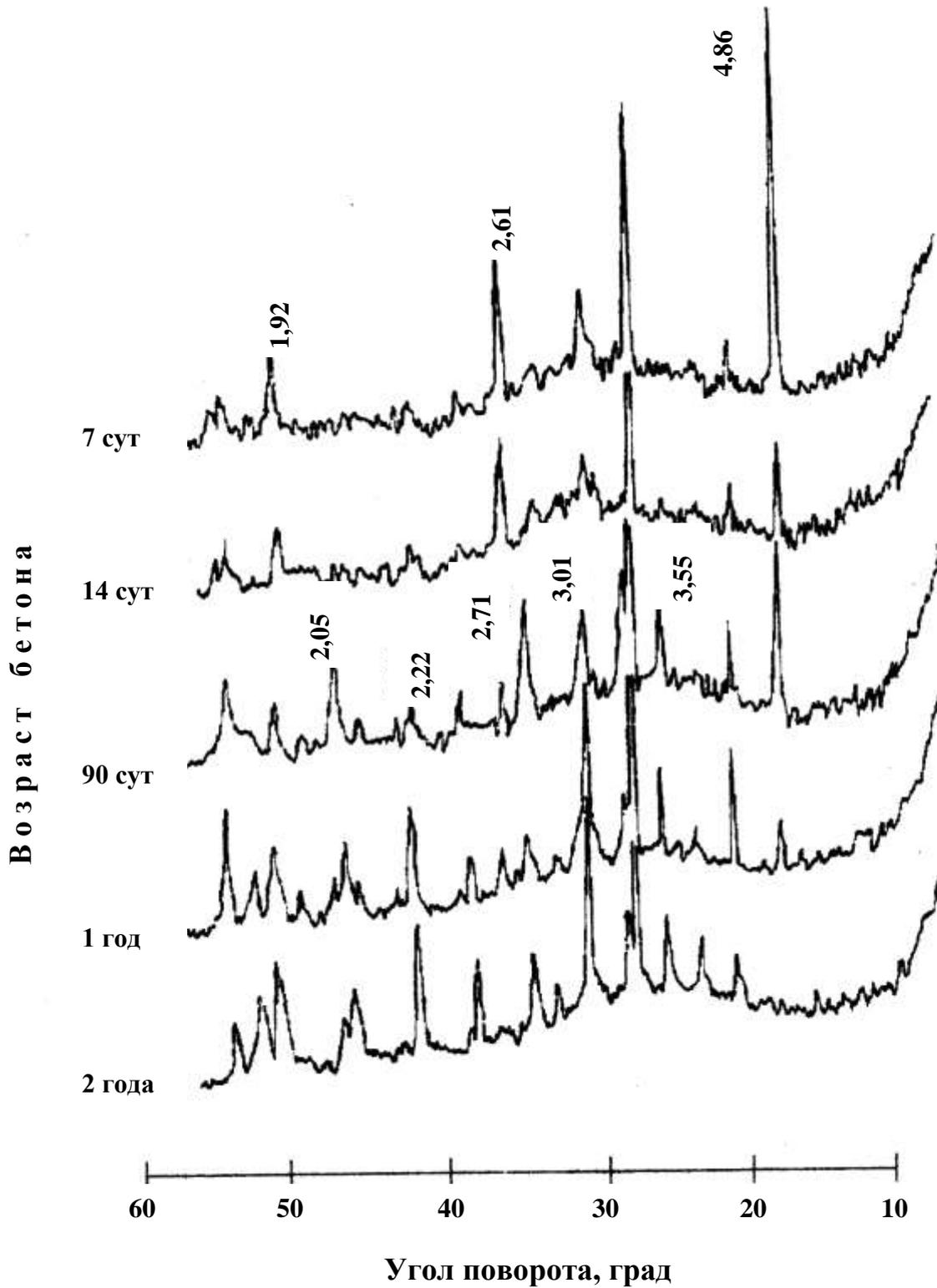
## 16.8. Выводы

На основе данных табл. 16.2 строят графические зависимости:

- 1) величины пористости, предела прочности при сжатии, коэффициента использования потенциала прочности матрицы от K<sub>изб</sub> матричного материала  $V_{п} = f(K_{изб})$ ;  $R_{сж} = f(K_{изб})$ ;  $K_{ипп} = f(K_{изб})$  для бетонов, изготовленных с различной массовой долей модификатора МБ-01;
- 2) предела прочности при сжатии и коэффициента использования потенциала прочности матрицы бетона от объемной доли модификатора МБ-01 в матрице.

На основании анализа полученных зависимостей делается заключение о влиянии дозировки модификатора на прочность композиционного материала и использование потенциала прочности матрицы в прочности композита с различными типами цементации.

**РЕНТГЕНОГРАММЫ ЦЕМЕНТНОГО МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА  
В РАЗЛИЧНЫЕ СРОКИ ТВЕРДЕНИЯ**

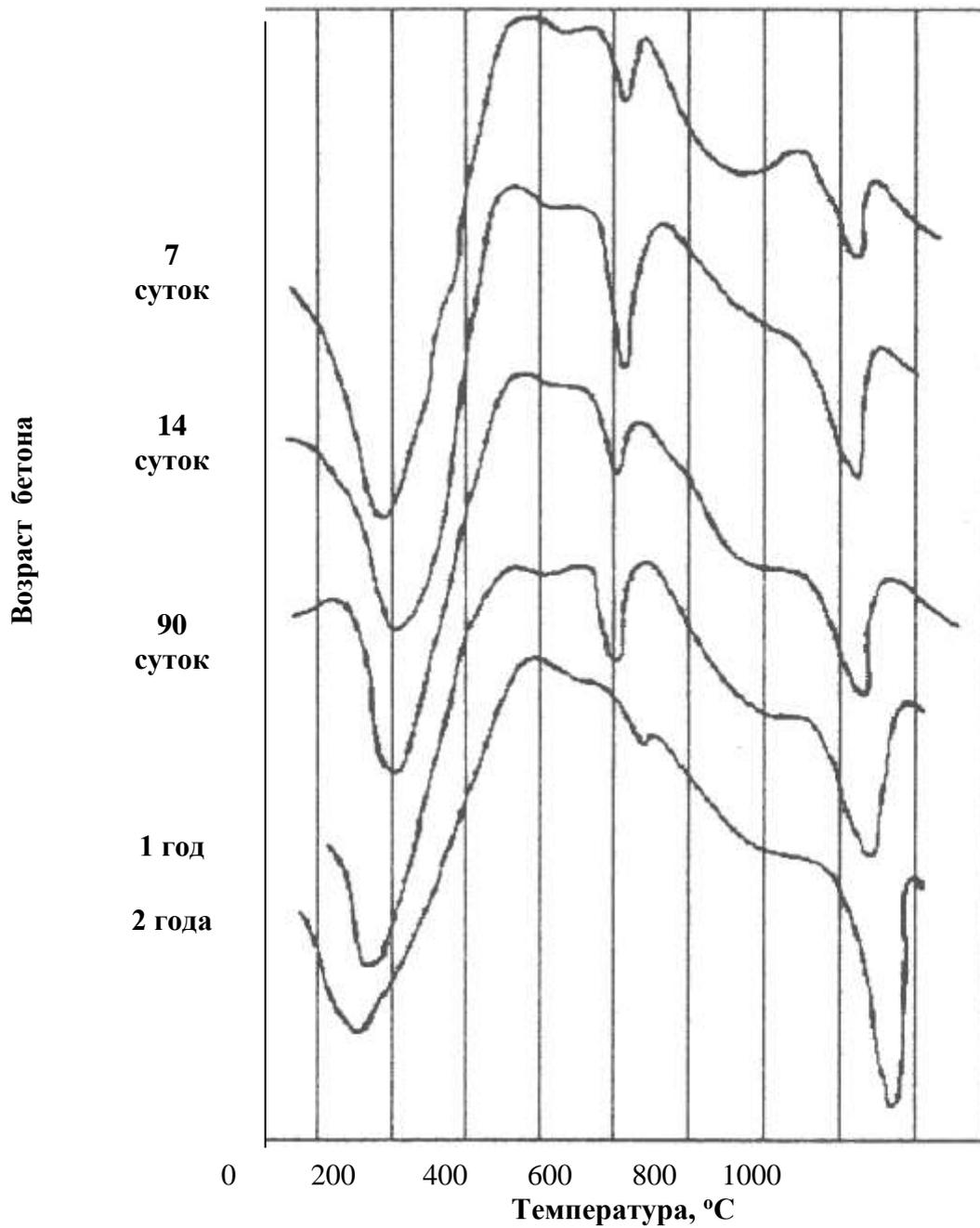


ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ИДЕНТИФИКАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СОЕДИНЕНИЙ,  
ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ

МЕЖПЛОСКОСТНОЕ РАССТОЯНИЕ	ИНТЕНСИВНОСТЬ ЛИНИИ	МЕЖПЛОСКОСТНОЕ РАССТОЯНИЕ	ИНТЕНСИВНОСТЬ ЛИНИИ
<b>SiO<sub>2</sub></b>		<b>CaO</b>	
4,24	5	2,76	40
3,33	10	2,40	100
2,45	5	1,69	63
2,27	5	<b>CaCO<sub>3</sub></b>	
2,23	4	3,85	2
2,12	5	3,03	10
1,975	4	2,49	5
1,815	9	2,28	6
1,668	5	2,09	7
1,537	9	1,912	8
<b>Ca(OH)<sub>2</sub></b>		1,87	9
4,89	50	1,601	6
3,11	25	1,52	6
2,63	100	<b>β-C<sub>2</sub>S</b>	
1,93	50	3,02	Слабая
1,79	40	2,84	Средняя
1,69	30	2,77	Очень слабая
1,485	20	2,72	Очень слабая
<b>C<sub>3</sub>S</b>		2,60	Сильная
3,03	Сильная	2,45	Слабая
2,78	Очень сильная	2,38	Слабая
2,75	Сильная	2,27	Средняя
2,60	Очень сильная	2,18	Сильная
2,32	Средняя	2,01	Слабая
2,19	Сильная	1,97	Средняя
1,975	Средняя	1,885	Слабая
1,938	Средняя	1,782	Слабая
1,77	Сильная	1,700	Слабая
<b>C<sub>3</sub>A</b>		1,62	Средняя
4,21	Слабая	<b>C<sub>4</sub>AF</b>	
4,07	Сильная	3,6	Слабая
2,81	Слабая	2,77	Сильная
2,70	Очень слабая	2,63	Очень сильная
2,39	Слабая	2,20	Слабая
2,36	Слабая	2,15	Слабая
2,19	Средняя	2,04	Средняя
2,04	Слабая	1,92	Сильная
1,948	Слабая	1,81	Слабая
1,908	Сильная	1,73	Очень слабая
1,558	Сильная	1,57	Слабая

**ДЕРИВАТОГРАММЫ ЦЕМЕНТНОГО  
МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА  
В РАЗЛИЧНЫЕ СРОКИ ТВЕРДЕНИЯ**



ПРИРОДА ТЕРМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ

1. Кварц  $SiO_2$ : (-) 575 °С - обратное полиморфное превращение  $\alpha$  - кварца в  $\beta$  - кварц.
2. Кальцит  $CaCO_3$ : (-)650 - 1000 °С - диссоциация с образованием  $CaO$ .
3. Гидроокись кальция  $Ca(OH)_2$ : (-)480 - 520 °С - дегидратация и переход в  $CaO$ .
4. Гипс (двуводный)  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ : (-)180 °С - дегидратация до полуводного гипса, (-)220 °С - полное обезвоживание, (+)380 - 420 °С - перестройка кристаллической решетки с превращением нерастворимого ангидрита в растворимый.
5. Гипс (полуводный)  $CaSO_4 \cdot 0,5H_2O$ : (-)200 - 220 °С - дегидратация.
6. Этtringит (высокосульфатная форма гидросульфатоалюмината кальция)  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ : (-)150 °С - дегидратация.
7. Низкосульфатная форма гидросульфатоалюмината кальция)  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$ : (-)200 °С - дегидратация.
8. Тоберморит 11,3 Å:  $5CaO \cdot 6SiO_2 \cdot 5H_2O$ : (-)200 - 230 °С - дегидратация, (+)830 - 850 °С - кристаллизация волластонита.
9.  $C - S - H (II)$  гидросиликат кальция с отношением  $1,5 \leq Ca/SiO_2 \leq 2$ : (-)120 - 150 °С - дегидратация, (+)850 - 900 °С - кристаллизация волластонита.
1.  $C - S - H (I)$  гидросиликат кальция с отношением  $Ca/SiO_2 \leq 1,5$ : (-)140 - 180 °С - дегидратация, (+)830 - 850 °С - кристаллизация волластонита.

ГРУППЫ И ПРИМЕРЫ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ

Таблица П 5.1

Номер группы	Наименование группы	Примеры эвристических приемов в группе
1	Преобразование формы	1. Использовать круговой, спиральный, сферический или другой вид компактной формы. 2. Сделать в объекте отверстия или полости. 3. Сделать объект приспособленным к форме человека или его органов. 4. Использовать аналогию с «природными» решениями в живом и неживом мире. ...
2	Преобразование структуры	1. Исключить наиболее слабый или наиболее напряженный элемент в объекте. 2. Существенно изменить компоновку элементов. ...
3	Преобразование в пространстве	1. Изменить традиционную ориентацию объекта в пространстве. 2. Перейти от контакта элемента по точке к контакту по линии, от контакта по линии к контакту по поверхности. Инверсия приема. 3. Вынести элементы, подверженные действию вредных факторов, за пределы их действия. ...
4	Преобразование во времени	1. Перенести выполнение действия на другое время. 2. Исключить бесполезные интервалы времени. 3. Перейти от последовательного выполнения операций к параллельному. ...
5	Преобразование движения и силы	1. Изменить направление вращения. 2. Разделить объект на две части – тяжелую и легкую, передвигать только легкую. 3. Компенсировать действия массы объекта соединением его с объектом, обладающим подъемной силой. ...
6	Преобразование материала и вещества	1. Использовать другой материал. 2. Разделить объект на части так, чтобы каждая из них могла быть изготовлена из наиболее подходящего материала. 3. Убрать лишний материал, не несущий функциональной нагрузки. Перейти к безотходной технологии. 4. Изменить физические свойства материала (например, агрегатное состояние). ...

Номер группы	Наименование группы	Примеры эвристических приемов в группе
7	Приемы дифференциации	1. Придать объекту блочную структуру, при которой каждый блок выполняет самостоятельную функцию. 2. Представить объект в виде составной конструкции; изготовить его из отдельных элементов и частей. ...
8	Количественные изменения	1. Создать местное (локальное) качество. 2. Уменьшить число функций объекта и сделать его специализированным. 3. Увеличить в объекте число одинаковых элементов. ...
9	Использование профилактических мероприятий	1. Экранировать объект. 2. Сделать объект взаимозаменяемым. 3. Обеспечить снижение или устранение вредных нагрузок. ...
10	Использование резервов	1. Использовать вредные факторы для получения положительных результатов. 2. Компенсировать чрезмерный расход энергии для получения какого-либо дополнительного положительного эффекта. ...
11	Преобразования по аналогии	1. Использовать в качестве прототипа по аналогии детские игрушки. 2. Применить решение по аналогии с решением в ведущей отрасли техники, в живой и неживой природе, в научно-фантастической литературе. ...
12	Повышение технологичности	1. Упростить форму конструкции. 2. Осуществить технологическую унификацию. 3. Выбрать наиболее целесообразное расчленение объекта на блоки, узлы и детали. ...

**ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОЙ  
КОМБИНАТОРНОЙ ТАБЛИЦЫ**

Таблица П 6.1

Морфологическая комбинаторная таблица

Сущест- венные признаки	Альтернативные варианты				
	1	2	3	4	5
Материал лезвия	камень	кость	металл	высоко- прочная пластмасса	луч лазера
Материал рукоятки	дерево	кость	пластмасса	металл	сочетание материа- лов
Форма лезвия	прямо- угольная с заточкой	кривая вытянутая	треуголь- ная	круглая с острием	-
Безопасность хранения	открытое лезвие	лезвие в чехле	лезвие в рукоятке	-	-

Число всевозможных конструкций ножа будет равно

$$N = 5 \cdot 5 \cdot 4 \cdot 3 = 300 \text{ вариантов.}$$

Далее, используя данные морфологической комбинаторной таблицы, проводим отбраковку нерациональных альтернативных вариантов по каждому существенному признаку.

Так, материал лезвия ножа, например, можно ограничить металлом и высокопрочной пластмассой; материал рукоятки – металлом и костью; форму лезвия желательно принять прямоугольной с заточкой или криволинейной вытянутой; безопасность хранения можно обеспечить помещением лезвия в чехол или рукоятку. Тогда количество решений будет более обозримо по величине

$$N = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 16 \text{ вариантов.}$$

Из этих вариантов следует выбрать несколько наиболее предпочтительных.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 7

### ПРИМЕР СОСТАВЛЕНИЯ ТАБЛИЦ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОНСТРУКТИВНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Таблица П 7.1

Анализ функций наружной стеновой панели из газосиликата

Элементы		Функции	
обозначение	наименование	обозначение	описание
$E_0$	Силикатный камень	$\Phi_0$	Скрепляет зерна кварца в конгломерат
$E_1$	Остаточные зерна кварца	$\Phi_1$	Создают каркас, сопротивляющийся внешним нагрузкам
$E_2$	Газовые поры	$\Phi_2$	Препятствуют проникновению холода внутрь помещения
...	...	...	...
$E_n$	...	$\Phi_n$	...

Таблица П 7.2

Основные затраты на реализацию функции  
(ТО – стеновая панель из газосиликата)

№ п/п	Варианты реализации функции	Показатели затрат					
		расход материалов		трудоемкость		энергозатраты, $x_5$	суммарная стоимость, $x_6$
		известь, $x_1$	кварцевый песок, $x_2$	изготовление, $x_3$	эксплуатации, $x_4$		
1	Исследуемый ТО	3	2	5	4	2	16
2	Аналог 1	1	3	3	5	5	17
3	Аналог 2	5	4	1	3	1	14
4	Патент 1	4	1	2	2	3	12
5	Патент 2	2	5	4	1	4	16

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. – учебное пособие для вузов.- Изд. 6 стер. - М.: Высшая школа, 2003. – 275 с.
2. Джонс, Р. Неразрушающие методы испытаний бетонов / Р. Джонс, И. Фэкзоару. – М.: Стройиздат, 1974. – 292 с.
3. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля.–М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 27 с.
4. ГОСТ 17624-2012. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. – М.: Стандартинформ, 2014. – 18 с..
5. ГОСТ 30744-2001 «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка». – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 18 с.
6. ГОСТ 31108 - 2016 «Цементы общестроительные. Технические условия». – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 7 с.
7. Рогов, В.А. Методика и практика технологических экспериментов / В.А. Рогов, Г.Г. Позняк. – Уч. пособие. – М: Academia, 2005. – 288 с.
8. Рапацевич, Е.С. Словарь-справочник по научно-техническому творчеству / Е.С. Рапацевич. – Минск: Этоним, 1995. – 384 с.
9. Абовский, Н.П. Творчество в строительстве: системный подход, законы развития, принятие решений / Н.П. Абовский. – Красноярск: Стройиздат, 1992. – 220 с.
10. Половинкин, А.И. Основы инженерного творчества / А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 368 с.
11. Альтшуллер, Г.С. Найти идею: введение в теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер. – Новосибирск: Наука, 1991. – 225 с.
12. Баженов, Ю.М. Технология бетонов: учебн. для ВУЗов / Ю.М.Баженов – М.: АСВ, 2002 – 500 с.
13. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. Учеб., 2-е издание, перераб. и доп./В.Г. Батраков – М., 1998, 456 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
1.СОДЕРЖАНИЕ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	
1.1 ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА И ОЦЕНКА АКТУАЛЬНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	
1.2 ФОРМУЛИРОВКА ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	
1.3 ВЫБОР (РАЗРАБОТКА) МЕТОДИКИ, ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	
1.4 ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ.....	
1.5 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ И ФОРМУЛИРОВКА ВЫВОДОВ И ПРЕДЛОЖЕНИЙ .....	
2.ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА О НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ .....	
2.1 СТРУКТУРНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОТЧЕТА ПО НИР.....	
2.2 ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ СТРУКТУРЫ ОТЧЕТА ПО НИР.....	
2.2.1 Титульный лист .....	
2.2.2 Реферат. ....	
2.2.3 Содержание. ....	
2.2.4 Заключение .....	
2.2.5 Список использованных источников .....	
2.2.6 Приложения .....	
2.3 ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА ПО НИР.....	
2.3.1 Общие требования .....	
2.3.2 Построение отчета .....	
2.3.3 Нумерация страниц отчета .....	
2.3.4 Нумерация разделов, подразделов, пунктов и подпунктов отчета .....	
2.3.5 Иллюстрации .....	
2.3.6 Таблицы .....	
2.3.7 Формулы и уравнения .....	
2.3.8 Ссылки .....	
2.3.9 Список использованных источников.....	
3.    ПОРЯДОК    ЗАЩИТЫ    ОТЧЕТА    ПО    НИР .....	
4. ОФОРМЛЕНИЕ ЗАЯВКИ НА ВЫДАЧУ ПАТЕНТА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ .	
4.1. РЕЗУЛЬТАТЫ ПАТЕНТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	
4.2 ЗАЯВКА НА ВЫДАЧУ ПАТЕНТА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ .....	

- 4.2.1 Заявление о выдаче патента .....
- 4.2.2 Описание изобретения .....
- 4.2.3 Формула изобретения .....
- 4.2.4 Чертежи и иные поясняющие материалы .....
- 4.2.5 Реферат .....
- 4.2.6 Оформление документов заявки .....

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....

- Приложение А Пример оформления титульного листа.....
- Приложение Б Пример составления реферата отчета о НИР.....
- Приложение В Пример оформления таблицы .....
- Приложение Г Примеры библиографических описаний к различным видам изданий для составления библиографических списков .....
- Приложение Д Пример бланка заявления о выдаче патента РФ на изобретение.....
- Приложение Е Пример описания формулы изобретения .....
- Лабораторная работа №1 Изучение методик оценки прочностных свойств строительных материалов .....
- Лабораторная работа №2 Изучение методики подготовки представительной пробы для физико-химических анализов
- Лабораторная работа №3 Рентгенофазовый анализ строительных материалов (на примере строительного гипса)
- Лабораторная работа №4 Дифференциально-термический анализ строительных материалов .....
- Лабораторная работа №5 Деловая игра «ПОИСК ИДЕЙ МЕТОДОМ ПРЯМОЙ МОЗГОВОЙ АТАКИ».....
- Лабораторная работа №6 ДЕЛОВАЯ ИГРА «ПОИСК ИДЕЙ МЕТОДОМ ОБРАТНОЙ МОЗГОВОЙ АТАКИ».....
- Лабораторная работа №7 ДЕЛОВАЯ ИГРА «КОМБИНИРОВАННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ МОЗГОВОЙ АТАКИ».....
- Лабораторная работа №8 Деловая игра «ПОИСК ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ МЕТОДОМ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ».....
- Лабораторная работа №9 Деловая игра «МЕТОД МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И СИНТЕЗА ТЕХНИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ».....
- Лабораторная работа №10 Деловая игра «ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ».....
- Лабораторная работа № 11 Изучение структуры и свойств матрицы композиционных строительных материалов.....
- Лабораторная работа № 12. Изучение влияния типов цементации на свойства композиционных строительных материалов.....
- Лабораторная работа № 13. Изучение влияния типов цементации и гранулометрического состава макровключений (зерен крупного

заполнителя) на структуру и свойства композиционного строительного материала.....

Лабораторная работа № 14. Изучение влияния объемной доли макропор на структуру и свойства поризованного бетона.....

Лабораторная работа № 15. Изучение влияния объемной доли волокнистых включений на структуру и свойства композиционного строительного материала.....

Лабораторная работа № 16. Изучение комплексного влияния типов цементации и состава матрицы на структуру и свойства композиционного строительного материала.....

Приложение 1 Рентгенограммы цементного мелкозернистого бетона в различные сроки твердения .....

Приложение 2 Идентификационные характеристики соединений, входящих в состав вяжущих материалов .....

Приложение 3 Дериватограммы цементного мелкозернистого бетона в различные сроки твердения .....

Приложение 4 Природа термических эффектов .....

Приложение 5 Группы и примеры эвристических приемов .....

Приложение 6 Пример составления морфологической комбинаторной таблицы .....

Приложение 7 Пример составления таблиц для построения

Конструктивной функциональной структуры .....

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....

# **МЕХАНИКА ПРОЧНОСТИ, ОСНОВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Учебно-методическое пособие  
для студентов направления подготовки 08.03.01 "Строительство",  
профиля "Технология и применение строительных материалов, изделий и кон-  
струкций"

Составители: **Шмитько** Евгений Иванович  
**Козодаев** Сергей Петрович  
**Белькова** Наталья Анатольевна  
**Ткаченко** Татьяна Федоровна

Редактор Аграновская Н.Н..

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16.  
Усл. печ. л. 1,3. Бумага писчая. Тираж ... экз. Заказ № \_\_\_\_\_.

---

ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"  
394026, Воронеж, ул. Московский проспект, 14

Участок оперативной полиграфии издательства ВГТУ  
394026, Воронеж, ул. Московский проспект, 14