

**РОСЖЕЛДОР**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Ростовский государственный университет путей сообщения»**  
**(ФГБОУ ВО РГУПС)**

---

М.С. Плешко, М.В. Плешко

**МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ**  
**В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Учебно-методическое пособие  
для практических занятий

Ростов-на-Дону  
2017

УДК 69(07) + 06

Рецензент – доктор технических наук, профессор В.И. Куштин

**Плешко, М.С.**

Методы решения научно-технических задач в строительстве: учебно-методическое пособие для практических занятий / М.С. Плешко, М.В. Плешко; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 33 с.: ил., табл. – Библиогр.: с. 32.

Представлены основные теоретические положения и порядок выполнения практических работ по дисциплине «Методы решения научно-технических задач в строительстве».

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов всех форм обучения направления магистратуры «Строительство».

Одобрено к изданию кафедрой «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог».

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ПОДГОТОВКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЗОРА	5
2 ПОДГОТОВКА НАУЧНОЙ ПУБЛИКАЦИИ	11
3 СТАТИСТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ	18
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	32

## ВВЕДЕНИЕ

Магистратура позволяет получить более глубокое образование по выбранному направлению, а также сменить специализацию, вуз, город или страну где проходит обучение. Степень магистра дается магистранту после окончания обучения в магистратуре на базе уровня бакалавра или специалиста и защиты дипломного проекта (работы). Само название происходит от латинского «*magister*» – «наставник, учитель, руководитель».

Подготовка магистра отличается от программы обучения специалиста получением дополнительных теоретических и практических знаний. Зачисление в магистратуру производится на конкурсной основе с учетом предыдущего опыта самостоятельной творческой и научной работы студента за время обучения и его успеваемости.

В программу подготовки магистра входит большой блок учебных курсов научной направленности.

Целью дисциплины "Методы решения научно-технических задач в строительстве" является расширение и углубление подготовки в составе других базовых и вариативных дисциплин блока "Блок 1 - Дисциплины (модули)" Образовательной программы в соответствии с требованиями, установленными федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования для формирования у выпускника общепрофессиональных, профессиональных компетенций, способствующих решению профессиональных задач в соответствии с видами профессиональной деятельности, предусмотренными учебным планом и профильной направленностью магистерской программы "Проектирование, сооружение и эксплуатация объектов транспортной инфраструктуры".

Для достижения цели поставлены задачи ведения дисциплины:

- подготовка магистранта по разработанной в университете Образовательной программе к успешной аттестации планируемых результатов освоения дисциплины;
- подготовка магистранта к прохождению практик "Производственная";
- подготовка магистранта к научно-исследовательской работе и семинару;
- подготовка магистранта к итоговой аттестации;
- развитие социально-воспитательного компонента учебного процесса.

## 1 ПОДГОТОВКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЗОРА

Обзорно-аналитическая деятельность направлена на преодоление противоречий между объемом существующей информации и возможностями ее восприятия человеком в условиях все возрастающего информационного потока. Известно, что информационное обеспечение – важнейшее условие развития любой отрасли науки, а обзорно-аналитические тексты – очень эффективный инструментальный решения этой задачи.

В литературе встречаются следующие понятия научно-технического обзора:

- научным обзором является текст, содержащий концентрированную информацию, полученную в результате отбора, анализа, систематизации и логического обобщения из большого количества первоисточников по определенной теме, за определенный период времени;

- обзор – это последовательное изложение наиболее важных сведений на определенную тему на основе обобщения и оценки информации за определенный период;

- обзор – это синтезированный текст, в котором содержится обобщенная информация по определенному вопросу или проблеме, основанная на использовании сведений, полученных из первоисточников за определенный промежуток времени;

- обзор – текст, содержащий синтезированную информацию сводного характера о конкретном вопросе или ряде вопросов, изъятую из отобранных для этой цели первичных научных источников, опубликованных за определенное время.

Обзорные статьи, по существующим представлениям относятся ко вторичной научной литературе, которая посвящена анализу, обобщению и оценке информации, представленной в первичной научной литературе, связанной общей тематикой, т.е. ранее опубликованных научных литературных текстов, представляющих результаты оригинальных исследований, предварительных сообщений и иных материалов, отвечающих критериям первичной научной публикации. Именно в обзорных статьях на основе аналитико-синтетического осмысления результатов оригинальных исследований нередко формулируются новые идеи, гипотезы, теории, парадигмы.

Авторам научных обзоров следует иметь в виду, что к первичной научной литературе не относятся публикации в форме отчетов по результатам исследований, выполненных по договорам с правительственными (министерствами, агентствами и т.п.) или неправительственными организациями (российские и зарубежные небюджетные фонды, различные хозяйствующие структуры).

Публикации по результатам исследований, выполненных по грантам государственных бюджетных фондов развития науки (РФФИ, РГНФ, РНФ) могут быть отнесены к первичной научной литературе, если это не противоречит документам, регламентирующим взаимоотношения грантополучателей и фондов, предоставляющих гранты.

Важно отметить, что первичная и вторичная научная литература – это не литература первого и второго сорта, а только научные тексты, публикуемые в порядке, определенном логикой развития науки. Их научная ценность не может сравниваться, а научная значимость определяется только содержащейся в них информацией.

Сферы применения научных обзоров разнообразны. Они являются обязательным разделом научно-квалификационных работ, авторы которых претендуют на получение ученой степени, компонентами дипломных работ, отчетов по НИР. Пишут научные обзоры, как отдельные ученые, являющиеся сотрудниками научных организаций и вузов, так и аналитики научно-исследовательских центров крупных производственных структур, специалисты в области информатики и библиографии. Для ученого получить предложение редакции журнала на подготовку обзорной статьи по наиболее актуальным и современным достижениям в своей области науки, весьма престижно. Однако обзоры могут писать (и пишут) не только именитые авторы, но и молодые ученые. И зачастую, на весьма достойном уровне. Обзорные научные статьи пишут не только по заказу редакций журналов или иных изданий, но и по собственной инициативе. И такие обзоры пишут, как известные ученые, так и начинающие авторы, на темы их лично интересующие. Такие обзорные статьи, подготовленные на должном научном и литературном уровне, имеют все шансы и права на опубликование. Среди научных периодических изданий широко представлены авторитетные рецензируемые журналы, которые публикуют только обзорные статьи, либо специальные выпуски журналов, в которых публикуют содержание докладов обзорного характера, представленных на научных форумах. Авторам обзорных статей следует помнить, что вероятность их публикации в большой мере зависит от представленных на них рецензий, а внимательный учет мнений, замечаний и рекомендаций рецензентов позволит существенно улучшить первоначальный вариант обзора, как по сути, так и по стилю написания его текста.

Научные обзоры уверенно занимают очень престижное место в рейтинге цитирования публикаций. Цитируемость добротного научного обзора многократно превышает цитируемость даже весьма значимых оригинальных статей. Научные обзорные статьи по данным библиометрических критериев цитируются не реже, чем самые прорывные первичные публикации. Вероятность цитирования обзорной публикации уменьшается вдвое за 10 лет, а оригинальной статьи – всего за 3 года.

Несомненно, значимое, но недостаточно обсуждаемое место в контексте анализа роли и места научных обзоров в системе информационно-аналитических текстов занимают литературные обзоры научно-квалификационных работ, т.е. диссертаций. В нашей стране одновременно идет работа над десятками тысяч диссертаций. На подготовку каждой диссертации уходит несколько лет. Во всех диссертациях в качестве обязательного раздела содержится глава «Литературный обзор». Ее объем может варьировать от 20-25 страниц в кандидатских диссертациях до 60-80 страниц в докторских. Подго-

товка обзора по теме диссертации – большая и отнюдь не простая работа, продолжающаяся много месяцев, а нередко и годы.

Подготовка научного обзора в формате журнальной статьи - процесс творческий, но ее эффективность существенно возрастает при использовании существующего набора правил и рекомендаций по его составлению. Обзорные статьи, а также другие виды обзоров в соответствии с ГОСТ-7.23-96 "Издания информационные. Структура и оформление» должны включать: основную часть, справочно-поисковый аппарат, исходные данные, дополнительные сведения. Основная часть обзора может в качестве составных элементов содержать введение, аналитическую часть, выводы и приложения. Аналитическая часть - обязательный элемент обзора.

Введение должно содержать обоснование выбора темы обзора, перечень круга вопросов, рассматриваемых в обзоре, временные границы, анализируемого периода, а также виды использованных источников информации. Аналитическая часть должна содержать сведения, которые комплексно характеризуют существующий уровень фактического состояния проблемы, ее анализ и оценку, а также основные тенденции, направления и перспективы развития предмета обзора. Выводы должны включать сведения о новых тенденциях и перспективах решения проблемы, рассмотрение которой составило предмет обзора. Материалы справочного характера, дополняющие основное содержание обзора, могут быть включены в текст обзора. Объем научных обзоров в формате журнальной статьи регламентируется правилами для авторов, имеющихся во всех журнальных изданиях, и может существенно отличаться от объема обзора, размещаемого в обзорных изданиях.

Написание научного обзора включает разработку тематического плана, библиографический, аналитический и синтетические этапы.

Разработка тематического плана обзора должна содержать обоснование целесообразности его написания, характеристику актуальности проблемы, которой будет посвящен обзор. Конкретизация отдельных аспектов темы обзора позволит определить его структуру, которая будет включать систематизированный перечень разделов, подразделов, пунктов и подпунктов. План научного обзора должны включать не менее двух-трех разделов, а в них – двух-трех подразделов. Научный обзор, план которого придуман и зафиксирован в разделах и подразделах, позволит добиться ясности и целостности изложения его содержания, а также избавит автора от потери основной линии обзора и уклонения в смежные вопросы. Стройность изложения и отсутствие логических нестыковок должны обеспечить красную линию обзорной статьи.

План обзора структурируется в соответствии с рубрикаторм, представляющим совокупность ключевых слов, характеризующих содержание обзора и наименование его разделов и подразделов. Рубрикатор научной обзорной статьи, как и обзоров другого формата, в большой мере определяет логическую структуру обзора, являясь, по сути, опорной конструкцией плана обзора. Систематизация ключевых слов - основной элемент формирования рубрикатора, позволяющий выявить принадлежность ключевых слов в соответствии с их смысловым

содержанием к различным пунктам рубрикатора и позволит автору обзора систематизировать рубрики по прицепу "от общего к частному".

После составления плана научного обзора начинается формирование пула источников информации, подлежащих рассмотрению и анализу по его теме.

В данной работе детально не рассматриваются существующие методы поиска источников информации. Они хорошо известны и в полной мере представлены в специальных работах по информационно-аналитической деятельности и в библиографической литературе. Необходимо лишь отметить, что ведущую роль в формировании пула источников информации для подготовки научного обзора играют как традиционные информационные издания, так и электронные базы данных, а возможность включить в число источников новейшие публикации дает использование первичных периодических изданий - журналов, сборников материалов научных форумов, которые еще не отражены в информационных изданиях и в базах данных.

Для автора обзорной статьи важно оценить качество источника анализируемой информации по общепринятым библиометрическим (наукометрическим) критериям (импакт-факторы журналов, анализ цитирования в базах данных Scopus, Web of Science, CiteSeer, Scirus, Google Scholar, РИНЦ) и отобразить только то, что с уверенностью можно использовать для подготовки обзора. Важно не ограничиваться каким-либо одним способом поиска необходимой литературы, а использовать максимум существующих возможностей решения этой задачи. С учетом все возрастающей роли интернет-поисковиков найденные источники информации можно сгруппировать в одной папке, где их всегда легко найти, используя программно-органайзеры (Endnote, Mendeley). Целесообразно тщательно проанализировать предыдущие научные обзоры, имеющие прямое или косвенное отношение к рассматриваемой теме, на них следует ссылаться в готовящемся обзоре, подчеркивая при этом появившиеся новые данные. В начальной части обзорной статьи целесообразно связать его тему с постановкой проблемы, которой он посвящен, в основополагающих трудах ведущих ученых, имеющих высокий индекс цитируемости (монографии, руководства). К иным источникам информации следует обращаться, если в них содержится новые данные, мнения и идеи, пусть и не всегда согласующиеся с установленными представлениями, но имеющими принципиальное значение для анализируемой в данном обзоре проблемы. Ценным информационным ресурсом являются списки литературы к диссертациям зарубежных ученых. Их поиск возможен с использованием поисковиков: OpenThesis ([www.openthesis.org](http://www.openthesis.org); [www.dissertations.se](http://www.dissertations.se)); EThoS (<http://ethos.bl.uk>) и др.

В научных текстах, отобранных для написания обзора, выделяют фрагменты в соответствии с планом обзора и осуществляют их семантическую группировку в соответствии с наличием в них заданных ключевых слов. Дальнейший анализ отобранных литературных источников, установление между ними логических взаимосвязей позволит сформировать основной текст обзора, включающий критические замечания, обобщения и выводы. Логичным завершением научной обзорной статьи является формулирование вопросов, на кото-



рые пока не получены ответы в рамках анализируемой проблемы, решение которых позволит получить новое научное знание. Заключительный этап подготовки текста обзора включает редактирование его текста с точки зрения соблюдения логических норм, корректировки стилистических, орфографических и синтаксических ошибок, а также подготовки его справочной части, включающей список сокращений, список литературы, содержащий перечень библиографических описаний источников информации, использованных при написании обзора. Обзор может считаться подготовленным для опубликования, когда он будет оформлен в полном соответствии с требованиями, установленными изданием, в которое автор обзора его представляет для публикации (эти требования, как правило, доступны на сайтах журналов, публикующих научные статьи). Автору обзорной журнальной статьи следует обратить особое внимание на формулировку его названия.

Название обзора статьи должно быть тщательно сформулировано одной фразой, которая должна в максимально возможной мере отражать содержание статьи. Название обзора не должно быть слишком кратким или излишне длинным. Правильное название обзорной статьи должно состоять не менее, чем из трех-четырёх и не более, чем из пятнадцати слов. Название не должно включать слов, которые не несут реальной информационной нагрузки: "Изучение...", "К вопросу...", "Исследование". Нежелательно использовать в качестве названия обзора вопросительные предложения. Название обзорной статьи должно привлекать к ней внимание потенциальных читателей. Название - единственная часть обзорной статьи, которая будет прочитана наибольшим количеством читателей, просматривающих содержание номеров периодических и продолжающихся изданий, а также теми, кто увидит данный обзор при запросе в поисковой системе. От того, насколько правильно будет подобрана комбинация из наименьшего количества слов, адекватно отражающая содержание обзорной статьи, зависит привлечение возможно большего внимания читателей к ознакомлению с ее текстом и вероятность ее цитирования. Поэтому подбирать слова для названия обзорной статьи следует очень внимательно, с учетом их информационной наполненности, значимости и сочетаемости.

Порядок и смысл слов в названии статьи важны не только для читателей содержания номеров журналов, но и для ученых и специалистов, которые узнают об обзоре из вторичных библиографических источников. (IndexMedicus, BiologicalAbstracts и др.). Современные библиографические системы реферирования используют ключевые слова (keywordsincontecst), что повышает вероятность заинтересовать потенциального читателя оглавления журнала в случае, если ключевые слова будут использованы в названии обзорной статьи.

Автор научного обзора должен написать его так, чтобы он был понятен максимально большому количеству читателей. При этом быть правильно понятым. Это достижимо при соблюдении ряда условий – не применять одного слова в разных значениях и разных слов в одном значении [14]; не использовать термин, имеющий несколько значений, не определив, в каком смысле он применяется; употреблять в тексте статьи по возможности ясные и недвусмыслен-

ные термины и словосочетания. Термины, имеющие иноязычное происхождение, следует использовать с учетом их смысловых вариаций и оттенков.

Текст обзора литературных источников, используемых при его написании, необходимо излагать в уважительном плане к их авторам, независимо от того, какое мнение лично у автора обзора сформировалось по итогам их изучения. Важно показать непредвзятое отношение автора обзора к анализируемым литературным источникам, их компетентный анализ и обобщение, а также, если это обосновано, то и критическое отношение к рассматриваемым материалам. Это будет в полной мере соответствовать основной цели научного обзора – рассмотреть в рамках научной дискуссии различающиеся существующие точки зрения по теме обзора. В обзорной статье недопустимы эмоциональные критические замечания, которые могут быть обидными для авторов анализируемых источников информации. Следует избегать использования безапелляционных утверждений, не оставляющих места для дискуссии по анализируемой проблеме.

При цитировании литературных источников в обзорной статье необходимо соблюдение существующих правил.

Цитирование фрагмента анализируемого текста обязательно должно исключать произвольное его изменение, сокращение, искажение смысла. Текст цитаты приводится с сохранением особенностей авторского написания. Количество цитат в тексте обзорной статьи – не более трех на странице. Каждая цитата должна иметь отсылку к первоисточнику, включающую не только указание имени автора и источника заимствования, но и на страницу, на которой находится цитируемый фрагмент текста. В целом, цитаты не должны превышать 5-10% текста обзора и принятая квота цитирования одного автора составляет не более 300 знаков (около 50-55 слов). При необходимости размещения в тексте обзорной статьи крупного фрагмента любого текста необходимо получить на это разрешение обладателя копирайта на данную публикацию. Использование цитирования анализируемых в обзоре работ целесообразно тогда, когда смысл цитат касается центральной проблемы обзора. В обзорной статье, как и в иных авторских текстах, юридически и этически запрещено воспроизведение смысловых фрагментов публикаций без кавычек и точного указания источника цитаты. Использование чужих опубликованных текстов регулируется Гражданским кодексом РФ (Раздел IV. «Авторское право» ст. 1274). Цитировать следует только первоисточники, так как переписывание цитат из прочих текстов не будет гарантировать, что авторская фраза не искажена. Если такой возможности нет, необходимо указать не только автора и издание, где размещена цитируемая публикация, но и источник заимствования цитаты «из вторых рук». Это соответствует этическим и правовым нормам, избавляя от упреков в неэтичности цитирования. В целом, цитирование чужих текстов требует максимальной скупуплезности и внимательности. Существует утверждение, что цитирование – привилегия опытных авторов [1-3].

## 2 ПОДГОТОВКА НАУЧНОЙ ПУБЛИКАЦИИ

Научная публикация – основной результат деятельности исследователя. Главная цель научной публикации – сделать работу автора достоянием других исследователей и обозначить его приоритет в избранной области исследований.

Можно выделить несколько видов научных публикаций: монографии, статьи и тезисы докладов.

**Монография** – это научный труд, в котором с наибольшей полнотой исследуется определённая тема, поэтому монографии пишутся редко и в большинстве случаев на основе материалов кандидатских и докторских диссертаций.

**Тезисы докладов** – это краткие публикации, как правило, содержащие 1-2 страницы, позволяющие коротко проинформировать научное сообщество о полученных научных результатах без их подробного описания.

Наибольший интерес представляют **научные статьи**, которые включают в себя рецензируемые (перед опубликованием статья проходит рецензирование) и нерецензируемые статьи, труды или материалы конференций.

По своей сути научная статья представляет собой краткий, но достаточный для понимания отчет о проведенном исследовании с необходимыми выводами. Статья должна содержать достаточное количество данных и ссылок на опубликованные источники информации, чтобы у других ученых и специалистов была возможность полноценно оценить работу.

Существуют общие стандарты построения плана научной публикации и требования к научному стилю изложения материала. Это обеспечивает однозначное восприятие и оценку представленных результатов. В статье следует кратко и четко изложить современное состояние вопроса, цель работы, методику исследования, результаты и обсуждение полученных данных. Это могут быть результаты собственных экспериментальных и теоретических исследований, обобщение практического опыта, а также аналитический обзор информации в рассматриваемой области. Основные черты научного стиля: логичность, однозначность, объективность.

Научная публикация, как правило, включает в себя:

- УДК;
- название;
- сведения об авторах;
- аннотацию с ключевыми словами;
- введение;
- методы исследований;
- основные результаты и их обсуждение;
- заключение (выводы);
- список процитированных источников.

Название, аннотация, ключевые слова и сведения об авторах в ведущих Российских журналах и изданиях представляются на русском и английском языках.

**Универсальная десятичная классификация (УДК)** – система классификации информации, которая широко используется во всем мире для систематизации произведений науки, литературы и искусства, периодической печати, различных видов документов и организации картотек. УДК является единственной международной универсальной системой, позволяющей достаточно детально раскрыть содержание материала и обеспечить быстрый поиск информации.

Индекс УДК состоит из десятичных цифр, которые поочередно выбираются в зависимости от тематики публикации из таблиц классификации УДК.

Одной из главных отличительных особенностей УДК является иерархическое построение большинства разделов. Каждый класс (первая ступень деления) содержит группу более или менее близких наук, например класс 5 – математику и естественные науки, класс 6 – прикладные науки: технику, сельское хозяйство, медицину.

Последующая детализация идет за счет удлинения индексов, при этом каждая последующая цифра не меняет значения предыдущих, а лишь уточняет, обозначая более частное понятие. Например, индекс понятия «Основание дорожной одежды из битумных смесей» 625.731.85 складывается следующим образом:

6 Прикладные науки.

62 Инженерное дело. Техника в целом.

625 Дороги. Железные дороги. Железнодорожное строительство. Автомобильные дороги. Дорожное строительство.

625.7 Автомобильные дороги в целом. Внегородские дороги. Городские дороги.

625.73 Конструктивные элементы дороги. Виды поперечного профиля. Элементы плана трассы.

625.731 Земляное полотно. Основание дорожной одежды. Выемки. Насыпи. Перемещение земляных масс. Поверхность земляного полотна под дорожной одеждой.

625.731.8 Нежесткое основание дорожной одежды.

625.731.85 Основание дорожной одежды из битумных смесей.

В настоящее время в сети Интернет существует ряд сайтов, облегчающих определение индекса УДК, например <http://teacode.com/online/udc>.

**Название** является очень важным элементом статьи, по которому судят обо всей работе. Оно должно полностью отражать содержание работы, но не быть длинным и идентичным названиям статей других авторов. Рабочее название статьи формулируется перед началом ее написания, а окончательное – после изложения материала в логической последовательности.

**Аннотация** выполняет функцию расширенного названия статьи и повествует о содержании работы. Аннотация показывает, что, по мнению автора, наиболее ценно и применимо в выполненной им работе.

**Ключевые слова** – набор слов (как правило, от трех до семи), позволяющих дать представление о тематике публикации. В настоящее время они особенно важны, так как облегчают поиск информации в Интернете и электронных базах данных.

**Например:**

*«О проблеме проектирования и строительства шахтных вертикальных стволов в условиях современных рыночных отношений*

*About the problem of shafts Projecting and Building in the Conditions of Modern Market Relations*

#### **Аннотация**

*Выполнен сравнительный анализ отечественного и зарубежного опыта строительства вертикальных стволов. Сделан вывод о перспективности объединения учебных, научно-исследовательских и строительных организаций. Приведены конкретные примеры сотрудничества.*

#### **Abstract**

*Comparative analysis of home and foreign experience of shaft building is fulfilled. Conclusion about perspectiveness of unification of educational, scientific – research and building organizations is made. Concrete examples of cooperation are given.*

**Ключевые слова:** *вертикальный ствол, технология строительства, крепь.*

**Key words:** *shaft, technology of building, set».*

Во **введении** должна быть обоснована актуальность рассматриваемого вопроса, если позволяет объем статьи можно конкретизировать цель и задачи исследований, а также следует привести известные способы решения вопроса и их недостатки. Необходимо ответить на вопрос: «что и зачем будет создано в результате научного исследования?» Этим итогом могут быть: новая методика, классификация, алгоритм, технология, конструкция и т.д., которые обеспечивают экономическую эффективность, повышают безопасность, обороноспособность, вносят вклад в рассматриваемое научное направление и др. Поэтому цель и задачи любой работы, как правило, начинается с глаголов:

- разработать;
- усовершенствовать;
- выяснить;
- выявить;
- сформировать;
- обосновать;
- проверить;

- определить;
- создать и др.

### **Например:**

*«При разработке проектных решений автодорожных, железнодорожных тоннелей и тоннелей метрополитенов, дорожных и аэродромных покрытий, подземных резервуаров, камер, стволов, инженерных сетей и др. необходимо решать три взаимосвязанные задачи – обеспечение необходимой несущей способности, долговечности и гидроизоляции. При строительстве подземных сооружений в условиях плотной городской застройки большой проблемой также является минимизация влияния на окружающий массив, земную поверхность, соседние здания и сооружения.*

*Применение устоявшихся технологий, материалов и конструктивных решений вызывает существенные осадки земной поверхности, в том числе из-за постоянной откачки воды. Это приводит к необходимости увеличения глубин заложения подземных объектов, оставления незастроенных площадей над ними или применения дорогостоящих способов защиты зданий и сооружений от деформаций. Поэтому дальнейший поиск новых технологий и материалов для подземного и транспортного строительства является весьма актуальным».*

**В основной части** статьи описываются используемые методики исследования, анализируются и обобщаются полученные результаты. Эта часть обычно занимает 80-90% объема публикации. В основной части научной статьи могут критически рассматриваются ранее выполненные научные исследования с обязательными ссылками на литературные источники, подробно излагается ход научных исследований, описываются промежуточные результаты. В основной части статьи также описывается научная новизна предложений соискателя и по возможности результаты их апробации.

Новизна – это то, что отличает результат данной работы от результатов других авторов, например новая закономерность процесса, явления, учет новых факторов, не рассматриваемых ранее и др.

В работе, посвященной экспериментальным исследованиям, автор обязан описать методику экспериментов, оценить точность и воспроизводимость полученных результатов. Если это не сделано, то достоверность представленных результатов может быть подвергнута сомнению.

Важнейшим элементом работы над статьей является правильное представление результатов работы и их физическое объяснение. Для этого целесообразно использовать наглядные формы: таблицы, графики, диаграммы и др. [31, 32].

### **Например:**

*«...В соответствии с рекомендациями ВНИМИ проведены производственные эксперименты с выделением на каждом объекте нескольких опытных участков с близкими горно-геологическими условиями и применением на каждом из них анкерной крепи с отличающимися параметрами.*

*Для проведения наблюдений за вертикальными смещениями пород на конвейерного штрека использовался метод нивелирования от базового*

почвенного репера (метод дистанционных оптических наблюдений), а за горизонтальными смещениями и сближением кровли и почвы пласта в месте расположения охранной конструкции – метод парных контурных реперов.

Замерная станция оборудовалась вне зоны влияния очистных работ по середине каждого опытного участка. Для этого в кровлю, почву и бока выработки в одном её поперечном сечении бурились скважины диаметром 42-43 мм и глубиной 0,3 м. В них закладывались контурные реперы...».

...«В расчетах анкерный стержень разбит на 10 равных участков. Для каждой точки дискретизации с помощью описанного выше алгоритма определена соответствующая точка на бесконечной плоскости, ослабленной круглым отверстием единичного радиуса. Далее в этих точках вычислены компоненты тензора напряжений, а их дискретные значения интерполированы сплайнами первого и третьего порядка внутри прямолинейного отрезка, соответствующего стержню анкера. Результаты получены в безразмерных величинах. Чтобы определить действительное значение напряжений, необходимо умножить их на величину вертикального горного давления  $\gamma H$  для конкретной выработки. Для наглядности ниже приведены только напряжения, возникающие от действия сосредоточенных сил (рис. 3).

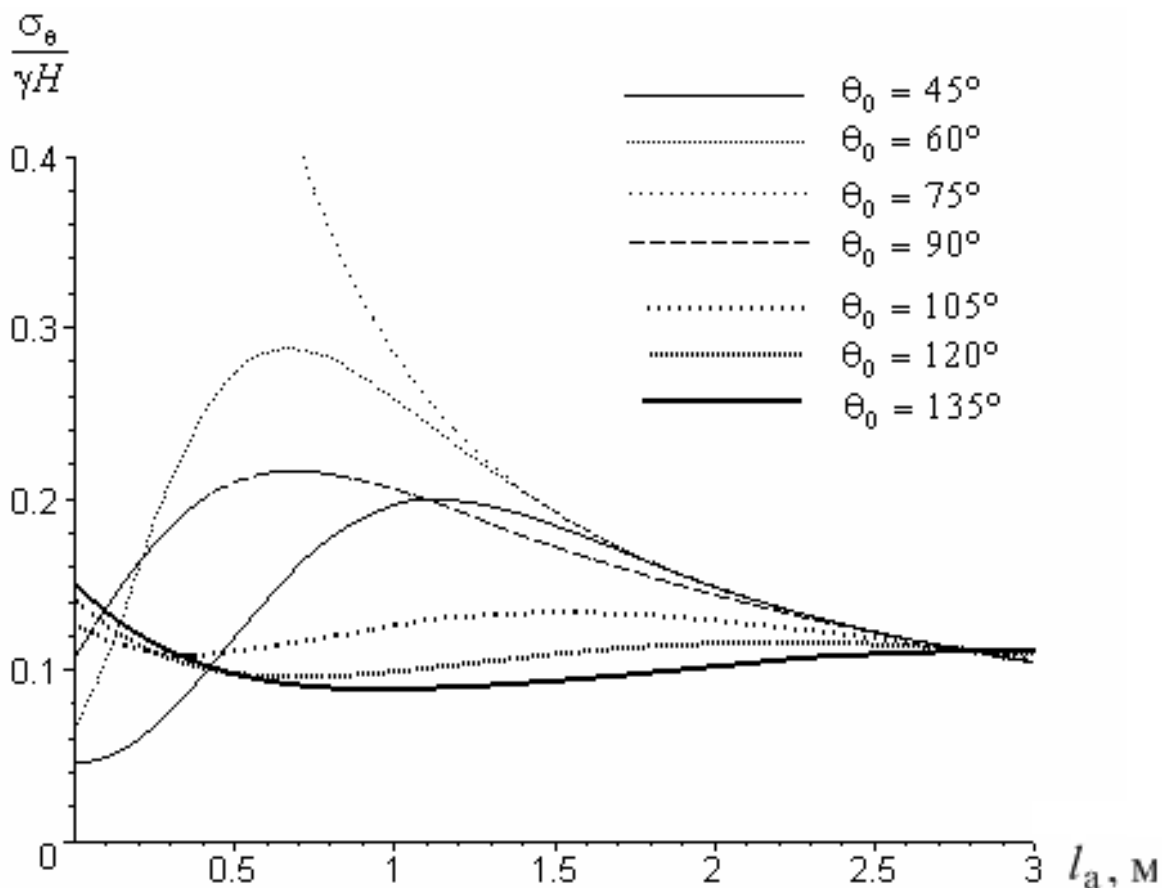


Рис. 3. Распределение нормальных тангенциальных напряжений по длине анкера

Большинство авторов избегают публиковать статьи с описанием отрицательных результатов исследований. Между тем такие сведения могут оказаться не менее важными для других ученых и специалистов, так как позволяют избежать ошибок и скорректировать направления собственных исследований.

**Заключение** содержит краткую формулировку результатов, полученных в ходе работы. В заключении, как правило, автор исследования суммирует результаты осмысления темы, выводы, обобщения и рекомендации, которые вытекают из его работы, подчеркивает их практическую значимость, а также определяет основные направления для дальнейшего исследования в этой области знаний. Выводы не должны быть слишком многочисленными. Достаточно трех-пяти ценных для науки и производства выводов, полученных в итоге работы над темой. Выводы должны иметь характер тезисов. Их нельзя отождествлять с аннотацией, у них разные функции. Выводы должны показывать, что получено, а аннотация – что сделано. Желательно в заключении осветить социальный или экономический эффект, который может быть получен при использовании предложений автора на практике.

*«...Полученные результаты показывают, что лучше всего технологическим требованиям параллельной схемы проходки отвечают составы бетона с включением модификаторов типа «МБ» и «ЭМБЭЛИТ» в объеме 10 - 12% от массы цемента, позволяющие увеличить проектную прочность бетона на сжатие на 51 - 73 % при высокой подвижности бетонной смеси, а также в 2 - 3 раза повысить скорость набора прочности бетона в раннем возрасте. Технико-экономическая эффективность разработанных составов подтверждается их успешным внедрением на руднике... и полученным экономическим эффектом в размере 17 млн. руб.».*

**Список литературы** – это перечень книг, журналов, статей и других публикаций, использованных автором при работе над научной статьей.

Ссылки в статье на литературные источники обычно указываются в квадратных скобках, где помещается номер источника по списку литературы.

Последовательность формирования списка может быть различной:

- по алфавиту фамилий авторов или названий документов;
- по мере появления сносок;
- по значимости документов (нормативные акты, документальные источники, монографии, статьи, другая литература);
- по хронологии издания документов и т.п.

Основные элементы библиографического описания приводятся в следующей последовательности: фамилия автора и его инициалы, название публикации без кавычек, место издания, название издательства, год издания, номер, страницы [36].

Помимо структуры коротко остановимся на стиле, языке и терминологии публикации.

В научной статье автор представляет новые научные результаты, то есть он должен так написать о том, что неизвестно другим, чтобы это неизвестное стало понятным читателю в такой же степени, как и ему самому. Автору ориги-



нальной работы следует разъяснить читателю ее наиболее трудные места. Если статья является развитием уже известных работ, то нет смысла затруднять читателя их пересказом, а лучше сделать ссылки на первоисточники. Важно показать авторское отношение к публикуемому материалу, особенно сейчас, в связи широким использованием Интернета. Необходимы анализ и обобщение, а также критическое отношение автора к имеющимся в его распоряжении материалам.

Для подтверждения аргументов или описаний автора могут использоваться цитаты – дословные выдержки из какого-либо текста, включенные в собственный текст. При цитировании лучше всего использовать современную литературу и первоисточники. Вторичную литературу следует цитировать как можно экономнее, например, для того, чтобы оспорить некоторые выводы авторов.

Важны стройность изложения и отсутствие логических разрывов. Красной линией статьи должна стать общая идея. Текст полезно разбить на отдельные рубрики. Это облегчит нахождение требуемого материала. Однако рубрики не должны быть излишне мелкими.

Автор научной статьи должен стремиться быть однозначно понятным. Для этого ему необходимо следовать определенным правилам:

- употреблять только самые ясные и недвусмысленные термины;
- не употреблять слово, имеющее два значения, не определив, в каком из них оно будет применено;
- не применять одного слова в двух значениях и разных слов в одном значении.

Не следует злоупотреблять иноязычными терминами. Как правило, они не являются синонимами родных слов, между ними обычно имеются смысловые оттенки. Начинающему автору следует понимать, что основная работа над статьей начинается сразу после написания первого варианта. Необходимо убрать все лишнее, подобрать наиболее точные формулировки, исключить частые повторения одних и тех же слов и др.

Многие авторы придерживаются следующего способа написания научной статьи. Сначала нужно записать все, что приходит в голову в данный момент. Пусть это будет написано плохо, здесь важнее свежесть впечатления. После этого черновик кладут в стол и на некоторое время забывают о нем. И только затем начинается авторское редактирование, которое повторяется несколько раз. Эта работа заканчивается не тогда, когда в статью уже нечего добавить, а когда из нее уже нельзя ничего выбросить [1-4].

Первые научные публикации почти всегда даются автору с трудом и требуют значительных усилий и затрат времени, но с каждой новой статьей приобретается необходимый опыт, вырабатывается собственный стиль, приходит понимание того, как должен выглядеть целостный научный труд. Поэтому очень важно уже в магистратуре постараться написать и опубликовать несколько научных статей, хотя бы обзорного характера, для получения необходимых навыков. Это значительно облегчит в дальнейшем подготовку публикаций по результатам собственных исследований в аспирантуре.

### 3 СТАТИСТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

#### 3.1 Расчет статистических характеристик технологических параметров и их взаимосвязи

Пусть требуется изучить количественный признак генеральной совокупности. Если из теоретических соображений ясно, какое именно распределение имеет признак, то с помощью инструмента **Описательная статистика** (рис. 3.1) в пакете **Анализ данных MS Excel** можно вычислить следующие параметры:

– среднее (статистическую оценку математического ожидания)

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i;$$

– стандартную ошибку (среднего)

$$\mu_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}};$$

– медиану (*Me*) – значение признака, приходящееся на середину упорядоченной совокупности;

– моду (*Mo*) – значение изучаемого признака, повторяющегося с наибольшей частотой; – дисперсию выборки

$$D = \sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2;$$

– стандартное отклонение (среднее квадратическое отклонение)

$$\sigma = \sqrt{D} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - \bar{x})^2};$$

– эксцесс (характеризует относительную остроконечность или сглаженность распределения по сравнению с нормальным распределением)

$$\varepsilon = \left[ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^4 \right] - \frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)};$$

– асимметрию (характеризует степень асимметричности распределения относительно среднего)

$$A_s = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left( \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \right)^3;$$

– интервал (размах выборки)

$$R = X_{max} - X_{min};$$

– минимальное значение выборки  $X_{min}$ ;

– максимальное значение выборки  $X_{max}$ ;

– сумму всех значений выборки

$$\sum_{i=1}^n x_i;$$

- объем выборки  $n$ ;
- наибольшее значение признака, имеющее разность с порядком  $X_{max}k$  единиц;
- наименьшее значение признака, имеющее разность с порядком  $X_{min}k$  единиц;
- уровень надежности (предельную ошибку выборки)

$$\Delta_x = t_a \mu_{\bar{x}},$$

где  $t_a$  – параметр распределения Стьюдента, определяемый по уровню значимости и числу степеней свободы  $k = n - 1$ .

Excel в качестве параметров вывода предлагает следующие:

– **Итоговая статистика.** Если в этом поле стоит флажок, то производится расчет среднего, стандартной ошибки, медианы, моды, дисперсии выборки, стандартного отклонения, эксцесса, асимметричности, интервала, минимального и максимального значений выборки, суммы всех значений выборки и объема выборки.

– **Уровень надежности.** Если флажок стоит в этом поле, то производится расчет уровня надежности (необходимо указать уровень значимости в процентах).

– **К-й наименьший и К-й наибольший.** Если это поле помечено флажком, то производится определение наибольшего или наименьшего значения признака, имеющего разность с порядком максимального или минимального значения к единиц.

**Пример 3.1** Рассчитать статистические характеристики случайной выборки по показателю коэффициента уплотнения земляного полотна насыпи строящийся железной дороги, полученной из генеральной совокупности, имеющей нормальное распределение: 0,920, 0,923, 0,925, 0,925, 0,930, 0,931, 0,935, 0,938, 0,940, 0,942, 0,945, 0,945, 0,950, 0,955, 0,955, 0,960, 0,960, 0,962, 0,965, 0,966, 0,970, 0,975, 0,979, 0,979, 0,980.

### **Решение**

Алгоритм действий следующий:

1. Подготовка листа рабочей книги MS Excel для вычислений. Переменные задачи находятся в ячейках **A1** и **A25**.
2. **Данные | Анализ данных | Описательная статистика | Ок;**
3. **Входной интервал | A1 : A25;**
4. **Группирование | По столбцам;**
5. **Выходной интервал | D1;**
6. Отметить флажком **Итоговая статистика;**
7. **Уровень надежности: 95 %;**
8. **К-ый наименьший: 2;**
9. **К-ый наибольший: 2;**
10. **Ок.**

Excel представит результаты, показанные на рис. 3.1.

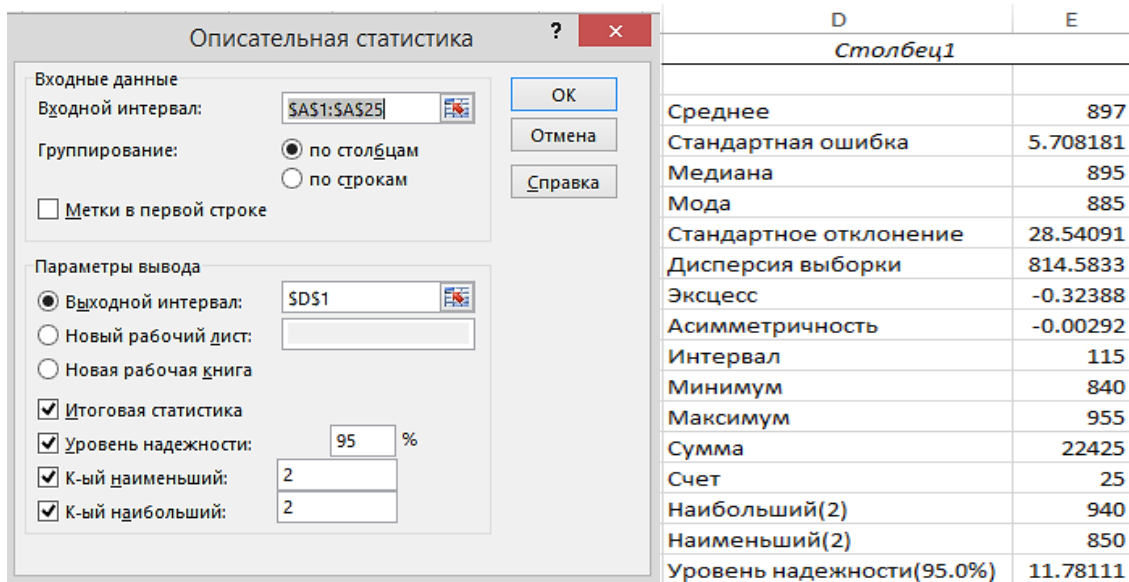


Рис. 3.1. Окно Описательная статистика (слева) и результаты решения задачи (справа)

### 3.2 Ковариационный анализ

Для однозначного определения системы двух случайных величин, кроме статистических оценок математического ожидания и дисперсии, необходимо производить статистическую оценку ковариации.

Предположим, что в результате  $n$  испытаний система двух случайных величин  $Y, X$ , приняла следующие значения:  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)$ . Статистическую оценку ковариации определяют по формуле

$$\text{cov}(X, Y) = k_{xy} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}),$$

где  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ ;  $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ .

Ковариация характеризует рассеивание случайных величин  $X$  и  $Y$  и взаимную зависимость этих случайных величин. Ковариация имеет размерность, равную произведению размерностей случайных величин.

Если рассматривается не двумерная, а многомерная выборка, то по результатам ковариационного анализа строится ковариационная матрица вида

$$\text{Cov}(j) = \begin{pmatrix} \text{cov}(1) & \text{cov}(2) & \dots & \text{cov}(n) \\ \text{cov}(21) & \text{cov}(22) & \dots & \text{cov}(2n) \\ \text{cov}(n1) & \text{cov}(n2) & \dots & \text{cov}(nn) \end{pmatrix},$$

которая является симметричной относительно главной диагонали, так как  $\text{cov}(j) = \text{cov}(ji)$ .

В пакете **Анализ данных** инструмент **Ковариация** используется для вычисления среднего произведения отклонений точек данных от относительных средних. Ковариация является мерой связи между двумя диапазонами данных.

Ковариационный анализ дает возможность установить, ассоциированы ли наборы данных по величине, т.е. большие значения из одного набора данных связаны с большими значениями другого набора (положительная ковариация), или, наоборот, малые значения одного набора связаны с большими значениями другого (отрицательная ковариация), или данные двух диапазонов никак не связаны (ковариация близка к нулю).

**Пример 3.2.** С целью анализа взаимосвязи между массой катка, влажностью песка и коэффициентом уплотнения земляного полотна железной дороги была отобрана группа из десяти экспериментальных значений, зафиксированных в процессе строительства участка железной дороги (табл. 3.1).

Необходимо установить взаимную зависимость этих показателей.

Таблица 3.1 – Исходные данные к примеру 3.2

№ опыта	Масса катка, т	Влажность песка, %	Коэффициент уплотнения
1	8	6,1	0,921
2	8	6,9	0,927
3	10	7,2	0,939
4	10	7,6	0,944
5	12	8,3	0,951
6	12	8,8	0,962
7	14	9,6	0,969
8	14	10,0	0,972
9	16	10,7	0,979
10	16	11,4	0,983

### **Решение**

Алгоритм действий следующий:

1. Подготовка листа рабочей книги MS Excel для вычислений. Переменные задачи находятся в ячейках **B2** и **D11**.
2. **Данные | Анализ данных | Ковариация | ОК.**
3. **Входной интервал | B2:D11.**
4. **Выходной интервал | A13.**
5. **ОК.**

Excel представит результаты, показанные на рис. 3.2.

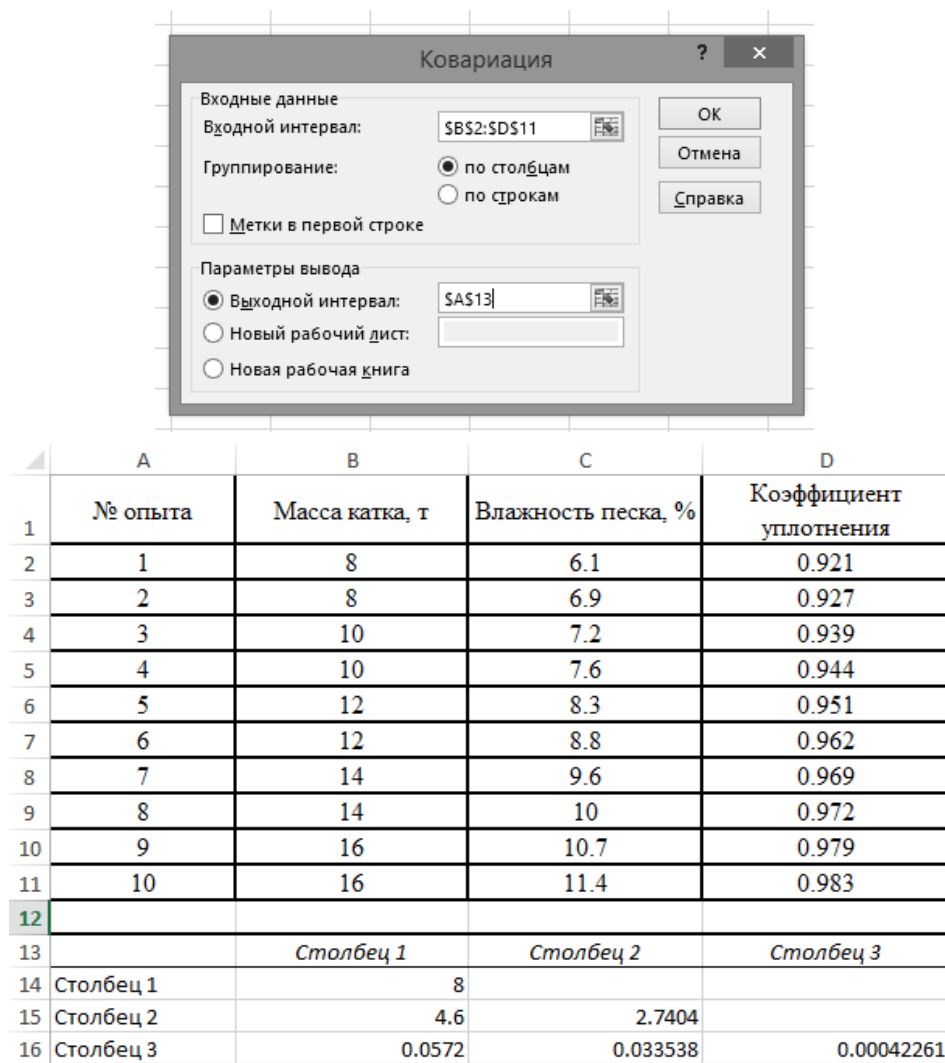


Рис. 3.2. Окно инструмента Ковариация (сверху) и результаты решения задачи (снизу)

### 3.3 Корреляционный анализ

Ковариация имеет размерность, равную произведению размерностей случайных величин. Более удобной величиной, характеризующей только зависимость случайных величин, является коэффициент корреляции.

Методы корреляционного анализа широко применяются для выявления и описания стохастических зависимостей между случайными величинами по экспериментальным данным. Для экспериментального изучения зависимости между случайными величинами  $Z$  и  $Y$  производят некоторое количество  $n$  независимых опытов. Результат  $i$ -го опыта дает пару значений  $(z_i, x_i)$ , и  $(y_i, x_i)$ ,  $i=1, 2, \dots, n$ , таким образом можно записать:

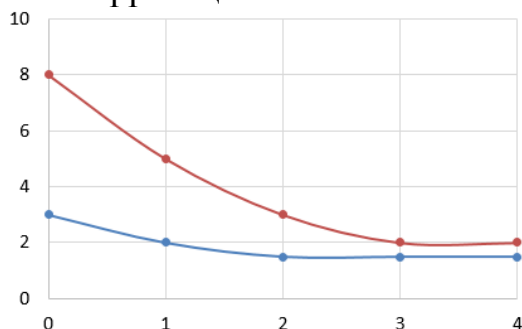
$$Z = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n);$$

$$Y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n).$$

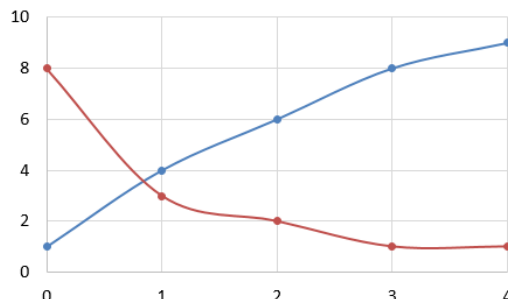
Если функции зависят от одного аргумента, то, проведя корреляционный анализ, можно установить взаимный рост или убывание функций друг от друга в зависимости от изменения аргумента. О наличии или отсутствии корреляции между двумя случайными величинами качественно можно судить по виду поля

корреляции, поместив экспериментальные точки на координатную плоскость. Положительная корреляция между случайными величинами представлена на рис. 3.3, а на рис. 3.4 - обратная корреляция. Сравнительно слабая корреляция представлена на рис. 3.5, на рис. 3.6 приведен пример отсутствия корреляции.

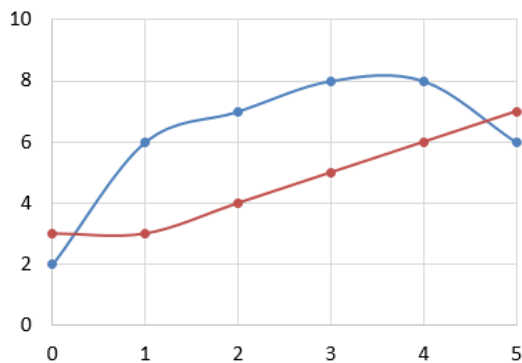
Для количественной оценки тесноты связи служит выборочный коэффициент корреляции.



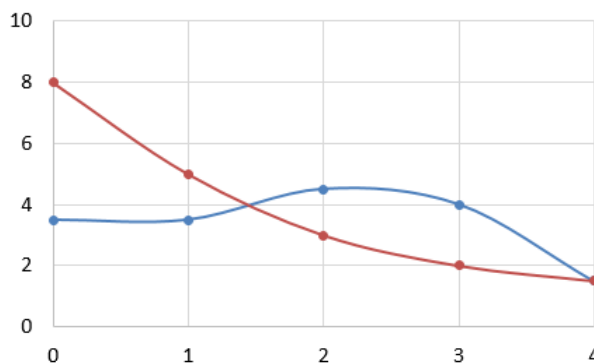
**Рис. 3.3** Корреляция линейная, рост одной функции приводит к увеличению другой:  $r > 0$ ,  $r = 0,94$



**Рис. 3.4.** Корреляция обратно линейная, рост одной функции приводит к снижению другой:  $r < 0$ ,  $r = -0,93$



**Рис. 3.5.** Слабая корреляция:  $r = 0,52$



**Рис. 3.6.** Корреляция отсутствует:  $r = 0,24$

Коэффициент корреляции  $r$  вычисляется по значениям функций отклика в области эксперимента:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(z_i - \bar{z})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 (z_i - \bar{z})^2}}, \quad (3.1)$$

где  $y_i, z_i$  – каждое текущее значение функции в области эксперимента;

$\bar{y}, \bar{z}$  – среднее значение функции отклика в области исследования. Средние значения  $\bar{y}, \bar{z}$  вычисляются по следующим формулам:

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad \bar{z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i$$

где  $n$  – число независимых опытов.

Выборочный коэффициент корреляции  $r$  по абсолютной величине не превосходит единицы.

Для независимых случайных величин коэффициент корреляции равен нулю, но он может быть равен нулю для некоторых зависимых величин, которые при этом называются некоррелированными. Для случайных величин, имеющих

нормальное распределение, отсутствие корреляции означает и отсутствие всякой зависимости.

Выборочный коэффициент корреляции не изменяется при изменении начала отсчета и масштаба величин.

Коэффициент корреляции характеризует не всякую зависимость, а только линейную. Линейная вероятностная зависимость случайных величин заключается в том, что при возрастании одной случайной величины другая имеет тенденцию возрастать (или убывать) по линейному закону. Коэффициент корреляции характеризует степень тесноты линейной зависимости. В общем случае, когда величины  $Y$  и  $Z$  связаны произвольной стохастической зависимостью, коэффициент корреляции может иметь значение в пределах

$$-1 \leq r \leq +1$$

В табл. 3.2 показан характер корреляции в зависимости от величины коэффициента корреляции при исследовании экспериментальных данных в химической и пищевой технологии.

Отметим следующие свойства коэффициента корреляции:

- 1) величина  $r$  не меняется от прибавления к  $Z$  и  $Y$  неслучайных слагаемых;
- 2) величина  $r$  не меняется от умножения  $Z$  и  $Y$  на положительные числа;
- 3) если одну из величин, не меняя другой, умножить на  $-1$ , то на  $-1$  умножится и коэффициент корреляции.

Таблица 3.2 – Зависимость характера корреляции от величины коэффициента корреляции

Коэффициент корреляции $ r $	Характер корреляции
$ r  \geq 0,95$	Отлично коррелирующие функции
$0,9 \leq  r  \leq 0,95$	Хорошо коррелирующие функции
$0,8 \leq  r  \leq 0,85$	Допустимо коррелирующие функции
$ r  \leq 0,8$	Слабо коррелирующие функции

При интерпретации результатов корреляционного анализа нужно иметь в виду, что коэффициент корреляции – статистический показатель. Он не содержит предположения, что изучаемые величины находятся в причинно-следственной связи. Поэтому любая трактовка корреляционной зависимости должна основываться на информации физико-химического характера.

К достоинствам корреляционного анализа можно отнести возможность создания нового правила взаимодействия функций друг с другом, а также оценку взаимодействия функций полученных неизвестным путем. Недостатками является то, что все результаты, полученные с помощью этой методики можно использовать только в области исследования или близко к ней.

После обнаружения стохастических связей между изучаемыми переменными величинами исследователь приступает к математическому описанию интересующих его зависимости. Другими словами необходимо перейти от корреляционного анализа к регрессионному анализу.

**Пример 3.3.** При проектировании состава бетона для возведения фундамента под промежуточную опору железнодорожного моста, производилось ва-



рыирование расхода цемента. Всего было изготовлено 10 различных составов. По каждому составу была изготовлена и испытана в проектном возрасте партия образцов кубиков размеров 10x10x10 см. Результаты испытаний представлены в табл. 3.3.

Требуется определить величину коэффициента корреляции между расходом цемента и средней прочностью образцов бетона.

Таблица 3.3 – Результаты испытаний образцов бетона

№ образца	1	2	3	4	5	7	6	8	9	10
Расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	200	215	230	245	260	280	300	335	360	380
Средняя прочность бетона, МПа	11,2	11,9	12,4	12,7	13,1	14,8	16,6	19,5	23,3	28,2

### **Решение**

При обычном вычислении коэффициента корреляции результаты целесообразно представлять в табличной форме (табл. 3.4).

Таблица 3.4 – Вычисление коэффициента корреляции

№	Z	Y	$Z - \bar{Z}$	$Y - \bar{Y}$	$(Z - \bar{Z})(Y - \bar{Y})$	$(Z - \bar{Z})^2$	$(Y - \bar{Y})^2$
1	200	11.2	-80.5	-5.17	416.185	6480.25	26.7289
2	215	11.9	-65.5	-4.47	292.785	4290.25	19.9809
3	230	12.4	-50.5	-3.97	200.485	2550.25	15.7609
4	245	12.7	-35.5	-3.67	130.285	1260.25	13.4689
5	260	13.1	-20.5	-3.27	67.035	420.25	10.6929
6	280	14.8	-0.5	-1.57	0.785	0.25	2.4649
7	300	16.6	19.5	0.23	4.485	380.25	0.0529
8	335	19.5	54.5	3.13	170.585	2970.25	9.7969
9	360	23.3	79.5	6.93	550.935	6320.25	48.0249
10	380	28.2	99.5	11.83	1177.085	9900.25	139.9489
$\Sigma$	2805	163.7			3010.65	34572.5	286.921

Рассчитаем коэффициент корреляции по формуле (3.1):

$$r = \frac{3010,65}{\sqrt{34572,5 \cdot 286,921}} = 0,9559$$

Полученный коэффициент корреляции  $r=0,96$  достаточно высок, исходя из этого можно сделать вывод о наличии тесной связи между расходом цемента и прочностью бетона.

При использовании программного комплекса MS Excel 2013 для определения коэффициента корреляции алгоритм действий следующий.

1. Создается таблица с оцениваемыми массивами данных (рис. 3.7).

	A	B	C
1	№	Z	Y
2	1	200	11.2
3	2	215	11.9
4	3	230	12.4
5	4	245	12.7
6	5	260	13.1
7	6	280	14.8
8	7	300	16.6
9	8	335	19.5
10	9	360	23.3
11	10	380	28.2

Рис. 3.7. Массив данных для определения коэффициента корреляции

2. В пустой строке с помощью функции КОРРЕЛ создается формула: =КОРРЕЛ (B2:B11;C2:C11).

3. Также можно построить график зависимости Z(Y), добавить на график линию тренда и найти коэффициент достоверности аппроксимации (рис. 3.8).

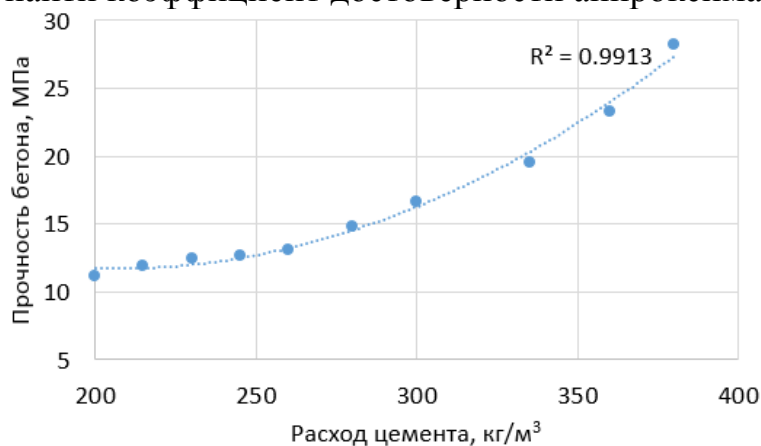


Рис. 3.8. Линия тренда и коэффициент достоверности аппроксимации

### 3.4 Проверка гипотезы о равенстве средних при разных дисперсиях

Парный двухвыборочный t-тест Стьюдента используется для проверки гипотезы о равенстве средних для двух выборок из одной генеральной совокупности. При этом равенство дисперсий не предполагается.

При такой организации выборок возможна корреляционная зависимость выборочных случайных величин X и Y. Для оценки зависимости этих случайных величин рассчитывают выборочный коэффициент корреляции

$$R_{xy} = \frac{n(\sum_{i=1}^n x_i y_i) - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

Требуется проверить нулевую гипотезу  $H_0: M[X]=M[Y]$ . Другими словами, необходимо установить, значимо или незначимо различаются статистические оценки  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$ , вычисленные по выборкам объемом  $n$  из одной генеральной совокупности.

Проверка статистической гипотезы проводится следующим образом: вычисляют разности выборочных значений  $x_i$  и  $y_i$

$$d_i = y_i - x_i \quad (i=1, 2, \dots, n).$$

Полученный ряд разностей  $d_i$  считается выборкой объемом  $n$ . Рассчитывают характеристики новой выборки:

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2,$$

$$S_d^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2.$$

Вычисляют среднее значение  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ ;  $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$ , опытное значение критерия  $t_B = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_d} \sqrt{n} = \frac{\bar{d}}{S_d} \sqrt{n}$ , число степеней свободы  $k=n-1$ .

Критическая область строится в зависимости от вида конкурирующей гипотезы, при этом рассматриваются три случая:

1. Нулевая гипотеза  $H_0: M[X]=M[Y]$ .

Конкурирующая гипотеза  $H_1: M[X] \neq M[Y]$ .

В этом случае строят двустороннюю критическую область. Вычисляют опытное значение критерия  $t_B$ , определяют число степеней свободы. По таблице критических точек распределения Стьюдента (Приложение 2), по заданному уровню значимости  $\alpha$  и числу степеней свободы  $k$  определяют критическую точку  $t_{кр}$ .

Если  $|t_B| < t_{кр}$ , оснований отвергнуть нулевую гипотезу нет. Если  $|t_B| > t_{кр}$ , нулевую гипотезу отвергают.

2. Нулевая гипотеза  $H_0: M[X]=M[Y]$ .

Конкурирующая гипотеза  $H_1: M[X] > M[Y]$ . В этом случае строят правостороннюю критическую область. Вычисляют опытное значение критерия  $t_B$  и число степеней свободы. Критическую точку определяют по уровню значимости  $\alpha/2$ .

Если  $t_B < t_{кр}$ , оснований отвергнуть нулевую гипотезу нет.

Если  $t_B > t_{кр}$ , нулевую гипотезу отвергают.

3. Нулевая гипотеза  $H_0: M[X]=M[Y]$ .

Конкурирующая гипотеза  $H_1: M[X] < M[Y]$ .

В этом случае строят левостороннюю критическую область. Так как распределение Стьюдента симметрично, то критическую точку определяют, как и во втором случае, только со знаком «минус».

Если  $t_B > -t_{кр}$ , оснований отвергнуть нулевую гипотезу нет.

Если  $t_B < -t_{кр}$ , нулевую гипотезу отвергают.

По результатам проверки статистических гипотез можно вычислить совокупную дисперсию двух выборок

$$S^2 = \frac{nS_1^2 + nS_2^2}{n+n-2}.$$

**Пример 3.4.** При контроле качества земляного полотна железной дороги применялся стандартный метод режущего кольца, а также ускоренный метод контроля уплотнения динамическим плотномером. В результате исследований определялся коэффициент уплотнения земляного полотна (табл. 3.5).

Таблица 3.5 – Результаты сравнительных замеров

Метод режущего кольца, $x_i$	Значения коэффициента уплотнения									
	0,945	0,972	0,936	0,948	0,929	0,958	0,971	0,980	0,966	0,977
Динамический плотномер, $y_i$	0,939	0,961	0,946	0,943	0,948	0,959	0,967	0,967	0,958	0,987
$d_i = y_i - x_i$	-0,006	-0,011	0,010	-0,005	0,019	-0,001	0,004	0,013	0,008	-0,010

Необходимо при уровне значимости  $\alpha=0,01$  определить, имеются ли существенные различия между методом режущего кольца и динамическим плотномером, т.е. проверить нулевую гипотезу  $H_0 : M[X]=M[Y]$ , при конкурирующей гипотезе  $H_1 : M[X] \neq M[Y]$ .

### Решение

По условию задачи имеем две зависимые случайные выборки, т.к. размер контроль качества земляного полотна из выборки измерялся как первым, так и вторым прибором. Степень зависимости выборок оценим по величине коэффициента корреляции

$$R_{xy} = \frac{n(\sum_{i=1}^n x_i y_i) - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{[n(\sum_{i=1}^n x_i^2) - (\sum_{i=1}^n x_i)^2][n(\sum_{i=1}^n y_i^2) - (\sum_{i=1}^n y_i)^2]}}$$

Вычисляем разности  $d_i = y_i - x_i$  (см. табл. 1.5). Определяем среднее и дисперсию полученных разностей:

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i = 0,0021; \quad S_d^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2 = 0,00013.$$

Рассчитываем средние значения:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = 0,959; \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i = 0,958;$$

опытное значение критерия

$$t_B = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_d} \sqrt{n} = 0,27,$$

и число степеней свободы  $k = n - 1 = 10 - 1 = 9$ ,

где  $n$  – количество испытаний.

По таблице критических точек распределения Стьюдента (табл. 1.6), по  $\alpha = 0,01$  и  $k = 9$  определяем критическую точку  $t_{кр} = 3,25$ .

Т.к.  $t_B < t_{кр}$ , нет оснований отвергнуть нулевую гипотезу. Это означает, что два метода определения коэффициента уплотнения земляного полотна существенно не отличаются друг от друга.

Таблица 3.6 – Критические точки распределения Стьюдента

$k$	Уровень значимости $\alpha$ (двусторонняя критическая область)					
	0,1	0,05	0,02	0,01	0,002	0,001
1	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567	318,3088	636,6192
2	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248	22,3271	31,5991
3	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409	10,2145	12,9240
4	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041	7,1732	8,6103
5	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321	5,8934	6,8688
6	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074	5,2076	5,9588
7	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995	4,7853	5,4079
8	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554	4,5008	5,0413
9	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498	4,2968	4,7809
10	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693	4,1437	4,5869
11	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058	4,0247	4,4370
12	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545	3,9296	4,3178
13	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123	3,8520	4,2208
14	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768	3,7874	4,1405
15	1,7531	2,1314	2,6025	2,9467	3,7328	4,0728
16	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208	3,6862	4,0150
17	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982	3,6458	3,9651
18	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784	3,6105	3,9216
19	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609	3,5794	3,8834
20	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453	3,5518	3,8495
21	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314	3,5272	3,8193
22	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188	3,5050	3,7921
23	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073	3,4850	3,7676
24	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969	3,4668	3,7454
25	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874	3,4502	3,7251
26	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787	3,4350	3,7066
27	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707	3,4210	3,6896
28	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633	3,4082	3,6739
29	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564	3,3962	3,6594
30	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500	3,3852	3,6460
40	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045	3,3069	3,5510
50	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778	3,2614	3,4960
60	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603	3,2317	3,4602
70	1,6669	1,9944	2,3808	2,6479	3,2108	3,4350
80	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387	3,1953	3,4163
90	1,6620	1,9867	2,3685	2,6316	3,1833	3,4019
100	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259	3,1737	3,3905
110	1,6588	1,9818	2,3607	2,6213	3,1660	3,3812
120	1,6577	1,9799	2,3578	2,6174	3,1595	3,3735
200	1,6525	1,9719	2,3451	2,6006	3,1315	3,3398
	0,05	0,025	0,01	0,005	0,001	0,0005
Уровень значимости $\alpha$ (односторонняя критическая область)						

Вероятность значимости рассчитывается следующим образом: по опытному значению критерия  $|t_B = 0,422|$ , с помощью таблиц распределения Стью-

дента по числу степеней свободы  $k=9$  определяем вероятность (интерполируя табличные данные):

$P(T \leq 0,422) = 0,683$  – двусторонняя вероятность значимости;

$P(T \leq 0,422) = 0,342$  – односторонняя вероятность значимости.

В пакете **Анализ данных** инструмент **Парный двухвыборочный t-тест** для средних используется для проверки гипотезы о различии средних для двух выборок данных. В нем не предполагается равенство дисперсий генеральных совокупностей, из которых выбраны данные. Парный тест используется, когда имеется естественная парность наблюдений в выборках.

В категории **Входные данные** необходимо указать, кроме **Интервалов переменной 1 и 2**, **Гипотетическую среднюю разность** (для данного теста Excel использует вместо формулы  $t_B = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{S_d} \sqrt{n} = \frac{\bar{d} - \Delta}{S_d} \sqrt{n}$  зависимость  $t_B = \frac{\bar{d} - \Delta}{S_d} \sqrt{n}$ ), а также значение Альфа – уровень значимости (рис. 3.9).

Рассмотрим работу пакета анализа для проверки гипотезы о различии между средними.

Решим пример 3.4, используя инструмент **Парный двухвыборочный t-тест для средних**.

Алгоритм действий следующий.

1. Подготовка листа рабочей книги MS Excel для вычислений. Переменные задачи находятся в ячейках B1:K2;

2. Данные | Анализ данных | Парный двухвыборочный t-тест для средних | ОК;

3. Интервал переменной 1: B1:K1;

4. Интервал переменной 2: B2:K2;

5. Гипотетическая средняя разность: 0 (значение по умолчанию);

6. Альфа: 0,01;

7. Выходной интервал: A4;

8. ОК. Excel представит решение, показанное на рис. 3.10, где (пример для штангенциркуля № 1):

среднее –  $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$ ;

дисперсия –  $S_x^2 = \frac{1}{(n_1-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$ ;

наблюдения –  $n$ ;

корреляция Пирсона –  $r_{xy}$  ;

гипотетическая разность средних –  $\Delta$ ;

df – число степеней свободы  $k=n-1$  ;

t – статистика –  $t_B$  ;

$P(T \leq t)$  одностороннее – односторонняя вероятность значимости; t критическое одностороннее –  $kr\ t$  ;  $P(T \leq t)$  двухстороннее – двухсторонняя вероятность значимости; t критическое двухстороннее –  $t_{кр}$ .

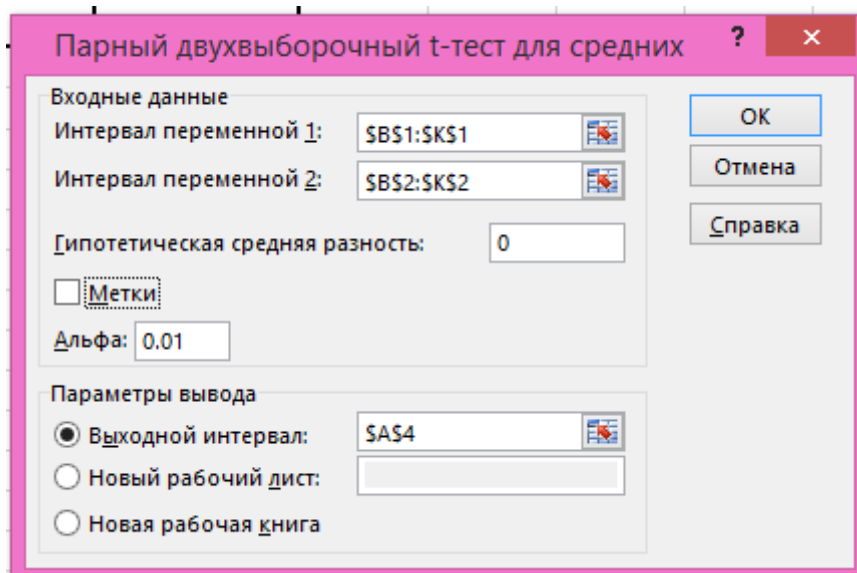


Рис. 3.9. Окно инструмента Парный двухвыборочный t-тест для средних

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Метод режущего кольца, $x_2$	0.945	0.972	0.936	0.948	0.929	0.958	0.971	0.98	0.966	0.977
2	Динамический плотномер, $y_1$	0.939	0.961	0.946	0.943	0.948	0.959	0.967	0.967	0.958	0.987
3	$d=y_1-x_2$	-0.006	-0.011	0.01	-0.005	0.019	0.001	-0.004	-0.013	-0.008	0.01
4	Парный двухвыборочный t-тест для средних										
5											
6		Переменная 1	Переменная 2								
7	Среднее	0.9582	0.9575								
8	Дисперсия	0.000318622	0.0002045								
9	Наблюдения	10	10								
10	Корреляция Пирсона	0.809628425									
11	Гипотетическая разность средних	0									
12	df	9									
13	t-статистика	0.211260764									
14	P(T<=t) одностороннее	0.418694988									
15	t критическое одностороннее	2.821437925									
16	P(T<=t) двухстороннее	0.837389977									
17	t критическое двухстороннее	3.249835542									

Рис. 3.10. Результаты решения задачи с помощью инструмента Парный двухвыборочный t-тест для средних [4,5]

## Библиографический список

1. Ли Р.И. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Ли Р.И.— Электрон. текстовые данные. – Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. – 190 с. ЭБС "IPRbooks".
2. Гусева Е.Н. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. Флинта, 2011 г. – 220 с. ЭБС "КнигаФонд".
3. Курзанов А.Н. Научный обзор: роль и место в системе информационно-аналитических текстов, подготовка в формате журнальной статьи // научное обозрение. Редакционные статьи. Код доступа: <https://science-review.ru/Articles1.html>
4. Смирнов М.А. Решение строительно-технологических задач. Методические указания к выполнению учебно-исследовательских лабораторных работ для студентов специальности 2906 «Производство строительных изделий и конструкций» – Тверь: ТГТУ, 2008. – 40 с.
5. Ивченко Г.И., Медведев Ю.И. Введение в математическую статистику. – Учебник. – М.: ЛКИ, 2010. – 600 с.



*Учебное издание*

**Плешко Михаил Степанович**  
**Плешко Марианна Викторовна**

**МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЗАДАЧ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

Печатается в авторской редакции

Технический редактор Т.В. Бродская

Подписано в печать 14.11.17. Формат 60×84/16.  
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 1,86.  
Тираж            экз. Изд. № 90812. Заказ

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

---

Адрес университета:  
344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка  
Народного Ополчения, д. 2.