



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

**СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра комплексной безопасности
в строительстве

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ

Методические указания
к выполнению практических работ
для обучающихся по направлению подготовки
27.03.01 Стандартизация и метрология

Составитель А.С. Ермаков

© Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2017

Москва
2017

СТАНДАРТИЗАЦИЯ
И МЕТРОЛОГИЯ

УДК 006.91
ББК 30.10
К65

Рецензент — доцент, кандидат технических наук *С.В. Шилкина*,
доцент кафедры автоматизации и электроснабжения НИУ МГСУ

К65 Контрольно-измерительные технологии и оборудование [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению практических работ по дисциплине «Контрольно-измерительные технологии и оборудование» для обучающихся по направлению подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология / сост. А.С. Ермаков ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т, каф. комплексной безопасности в строительстве. — Электрон. дан. и прогр. (0,9 Мб). — Москва : Изд-во Моск. гос. строит. ун-та, 2017. — http://lib.mgsu.ru/Scripts/irbis64r_91/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=IBIS&P21DBN=IBIS. — Загл. с титул. экрана.

Даны основные сведения к выполнению практических работ по современным технологиям измерения и контроля в индустрии строительства. Рассмотрены основные методы подготовки метрологической информации и ее автоматизированное измерение при проведении экспериментальных исследований в строительстве. Отражены современные методы распознавания объектов, приведены схемы автоматизированных измерительно-вычислительных установок. Рассмотрены элементы расчета схем по автоматизации технологий контроля и измерений.

Для обучающихся по направлению подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология.

Учебное электронное издание

©Национальный исследовательский
Московский государственный
строительный университет, 2017

Корректор *В.К. Чупрова*
Верстка и дизайн первого титульного экрана *Д.Л. Разумного*

Для создания электронного издания использовано:
Microsoft Word 2007, ПО Adobe Air

Подписано к использованию 03.10.2017 г. Объем данных 0,9 Мб.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский
Московский государственный строительный университет»
129337, Москва, Ярославское ш., 26.

Издательство МИСИ–МГСУ.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 188-29-75, (499) 183-97-95.
E-mail: ric@mgsu.ru, rio@mgsu.ru.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Практическая работа 1. Исследование показателей и характеристик технологии измерения на предприятии индустрии строительства	7
Практическая работа 2. Анализ системы распознавания строительной продукции с применением лингвистического подхода.....	11
Практическая работа 3. Исследование метода распознавания строительных материалов с применением количественных признаков.	12
Практическая работа 4. Исследование технологии электронной идентификации строительной продукции	15
Практическая работа 5. Исследование структуры системы автоматизации управления процессами	18
Практическая работа 6. Выбор параметров технологии неразрушающего контроля для оценки строительной продукции	20
Практическая работа 7. Исследование конструкции и работы оборудования для измерения температуры.....	23
Практическая работа 8. Исследование конструкции и работы датчиков для измерения деформации	26
Практическая работа 9. Исследования конструкции и работы оборудования для измерения геометрических размеров строительных изделий	29
Библиографический список	32
Приложение.....	36

Введение

Развитие индустрии строительства идет по пути повышения качества, надежности и эффективности строительства, которое требует исследования и применения всех видов обеспечений его составляющих. Одно из направлений совершенствования строительства осуществляется за счет применения рациональных технологий контроля и измерений в процессах производства строительных материалов, изделий и сооружений. Применяемые в строительстве технологии и оборудование для контроля и измерений разнообразны и должны находить применение в соответствии с их назначением и их потребностью.

Целью изучения дисциплины «Контрольно-измерительные технологии и оборудование» является подготовка специалиста, обладающего знаниями по технологиям и оборудованию для контроля и измерений характеристик и показателей строительных материалов и изделий, конструкций сооружений и зданий.

Для достижения данной цели необходимо в ходе прохождения обучения по данной дисциплине решить ряд задач:

- изучить основные технологии и оборудования измерений и контроля в строительстве;
- сформировать навыки владения технологиями контроля и измерений;
- изучить нормативно-правовые документы, регламентирующие вопросы применения технологий и оборудования по контролю и измерениям в строительстве;
- изучить основные направления в организации мероприятий по обеспечению процессов эффективного мониторинга и его метрологического обеспечения.

В методических указаниях представлены основные сведения по формированию данных для контроля современных цифровых технологий измерения и получения информации об объекте, а также методическом и техническом их обеспечении.

Перед выполнением практических работ обучающиеся самостоятельно изучают теоретический материал по теме. В методических указаниях представлен рекомендуемый список литературы по каждой работе, а также приведены основные теоретические сведения по теме занятий. Дополнительные сведения по теме занятий можно получить в

электронных каталогах библиотек, результатах и отчетах по научным исследованиям, публикациях достижений отечественных и зарубежных ученых, при посещении научных конференций и выставок в сфере строительства и метрологии и т.п.

Обучающиеся при выполнении практической работы получают индивидуальное задание. Некоторые задания выполняются в группах из нескольких человек.

После выполнения практической работы готовятся отчеты по работе и ответы на контрольные вопросы.

Практическая работа заключается в выполнении, под руководством преподавателя, комплекса учебных заданий, направленных на усвоение научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретение практических навыков овладения методами практической работы с применением современных информационных, контролируемых и измерительных технологий. Выполнение практической работы производится в письменном виде. Отчет предоставляется преподавателю, ведущему данный предмет, в электронном и печатном видах.

Отчет о практической работе содержит:

- наименование и цель работы;
- основные теоретические положения по изучаемой теме;
- индивидуальное задание;
- решение задачи, выданной в индивидуальном задании;
- выводы о работе.

Практические работы способствуют более глубокому пониманию теоретического материала учебного курса, а также развитию, формированию и становлению различных уровней составляющих профессиональной компетентности студентов. Основой практикума выступают типовые задачи, которые должен уметь решать специалист в области строительства.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Исследование показателей и характеристик технологии измерения на предприятии индустрии строительства

Цель работы: исследовать показатели и характеристики совершенствования технологий измерения на предприятии индустрии строительства.

1. Индивидуальное задание

Индивидуальное задание на практическую работу представляет сведения о метрологическом обеспечении по конкретному виду технологического процесса строительной индустрии и процесса измерения контролируемых параметров (геометрических размеров, технологических режимов, показателей качественного исполнения продукции и выполнения процессов [7; 8; 26; 45; 51; 55].

Вариант индивидуального задания выбирается исходя из знаний производственного процесса на строительном предприятии и его метрологического обеспечения по месту прохождения производственной практики или принимается из табл. 1.1 с учетом схемы операционного контроля строительства.*

Задание: проанализировать технологию измерения и контроля в технологическом процессе строительства (см. табл. 1.1). Установить возможные направления ее совершенствования.

Таблица 1.1

Варианты индивидуальных заданий

Вариант	Наименование	Вариант	Наименование
1	Кладка стен	2	Опалубочные работы
3	Укладка бетонных смесей	4	Устройство монолитных бетонных и железобетонных стен
5	Кладка перегородок	6	Монтаж плит перекрытий и покрытий
7	Устройство кровли из рулонных материалов	8	Устройство кровли металлической
9	Штукатурные работы	10	Монтаж подвесных потолков в интерьерах зданий

* Схемы операционного контроля качества строительных, ремонтно-строительных и монтажных работ. Изд. 4-е, испр. и доп. СПб, 2006.

2. Методические указания

1. Составить список контролируемых параметров технологического процесса в строительстве согласно принятому варианту индивидуального задания.

2. Составить список средств измерений для контроля параметров технологического процесса, используя справочно-методические рекомендации по метрологическому обеспечению.

3. Привести метрологические характеристики средств измерения, реализуемых в рассматриваемой технологии измерения.

4. Проанализировать данные сведения о реализуемой технологии измерения контролируемых параметров технологического процесса строительной индустрии и технологий контроля и измерений на соответствие требованиям и возможным направлениям их совершенствования.

5. Определить показатели совершенствования технологии измерения.

Оценку эффективности технологий измерений можно выполнить через определение соотношения экономического эффекта $\mathcal{E}_{н.т}$ и затрат на его создание $K_{вн}$, т.е. получение прибыли за счет повышения качества продукции, снижение затрат на устранение дефектов в продукции и от брака в продукции и др.

Срок окупаемости затрат на новые технологии:

$$T = K_{вн} / \mathcal{E}_{н.т},$$

где T — срок окупаемости; $K_{вн}$ — капитальные затраты на внедрение новой технологии; $\mathcal{E}_{н.т}$ — экономический эффект от внедрения новой технологии.

Капитальные затраты при внедрении новой технологии $K_{вн}$ включают следующие слагаемые: цена средств измерения и оборудования, необходимого для выполнения измерений по новой технологии \mathcal{C} , расходов на доставку, монтаж и наладку оборудования C_m , суммы оборотных средств (запасы материала и сырья), связанных с внедрением $O_{ср}$, т.е.

$$K_{вн} = \mathcal{C} + C_m + O_{ср}.$$

Если при проведении внедрения новой технологии измерения требуются иные дополнительные затраты, то они учитываются как дополнительное слагаемое в общей сумме капитальных затрат $K_{вн}$.

Экономический эффект $\mathcal{E}_{н.т}$ от внедрения новой технологии, получаемый за счет роста цен ($\Pi_n > \Pi_c$) на продукцию путем улучшения ее качества, устанавливается из выражения

$$\mathcal{E}_{н.т} = (\Pi_n - \Pi_c)CQ,$$

где Q — объем реализации в год; Π_n и Π_c — новая и старая цена за единицу продукции более высокого качества.

Экономический эффект $\mathcal{E}_{н.т}$ достигается за счет разницы в издержках производства:

$$\mathcal{E}_{н.т} = (C_c - C_n)CQ,$$

где C_c и C_n — себестоимость единицы товара до и после внедрения новой технологии.

При анализе внедрения различных вариантов новых технологий измерений можно выполнять не по срокам окупаемости T , а по приведенным затратам:

$$C - E_n \cdot K_{вн} \rightarrow \min,$$

где C — себестоимость годового выпуска продукции; $K_{вн}$ — капитальные вложения на внедрение новой технологии; E_n — нормативный коэффициент эффективности. Такой нормативный коэффициент экономической эффективности применяется в ряде стран при государственном, бюджетном финансировании внедрения технических и технологических новшеств.

Нормативный коэффициент эффективности новой техники и технологии в СССР был установлен для ряда отраслей в диапазоне от 0,1 до 0,5, а средний для народного хозяйства — 0,15, что предполагало максимально допустимые сроки окупаемости от 10 до 2 (в среднем около 6 лет).

В условиях рыночной экономики роль нормативного коэффициента может играть ставка дисконта.

Материалы анализа оформляются в виде таблицы (табл. 1.2), в которой в одном из столбцов указываются установленные несоответствия идеальному варианту, а в крайнем правом столбце — рекомендации по ее совершенствованию.

При анализе технологии измерений устанавливаются следующие характеристики [32; 40; 45]:

- физические величины, подвергаемые измерению;

- единицы измерения физической величины;
- диапазон измерения;
- точность измерений и принятый класс средств измерений;
- метод измерений физической величины;
- способ считывания и обработки результатов измерений физических величин;
- влияние состояния технологии контроля и измерений на основные технико-экономические показатели технологического процесса (производства): качество, систему учета и сроки выпуска материалов или сооружений, экономию материалов и затрат по эксплуатации, производительность труда, снижение себестоимости материалов или сооружений, эффективность мероприятий по комплексной безопасности в строительстве.

Таблица 1.2

Результаты анализа технологии контроля и измерений

№	Контролируемый параметр	Средства измерения*	Метрологические характеристики
1			
2			
15			

* В случае отсутствия сведений по рассматриваемому средству контроля и измерений параметра в данной ячейке указываются необходимые средства измерения.

3. Контрольные вопросы

1. Дайте определение технологии измерения.
2. Оценки внедрения новой технологии измерения.
3. Какие виды обеспечения содержат технологии измерения в строительстве?
4. Каким требованиям должны соответствовать технологии измерения в строительстве?
5. Какие метрологические характеристики описывают технологию измерения в строительстве?
6. На что может быть направлено совершенствование технологии контроля и измерения?

Рекомендуемая литература при подготовке к практическим занятиям: [7], [8], [14], [16], [26], [45], [51], [55].

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Анализ системы распознавания строительной продукции с применением лингвистического подхода

Цель работы: изучить признаки классификации строительной продукции с использованием лингвистического подхода.

1. Индивидуальное задание

Задание: построить с применением лингвистического подхода описание объектов интерьера и инженерной сети учебной аудитории: столов, дверей, окон, стульев, розеток, светильников и т.п.

2. Методические указания

1. Провести изучение особенностей лингвистического подхода к распознаванию инженерных объектов.

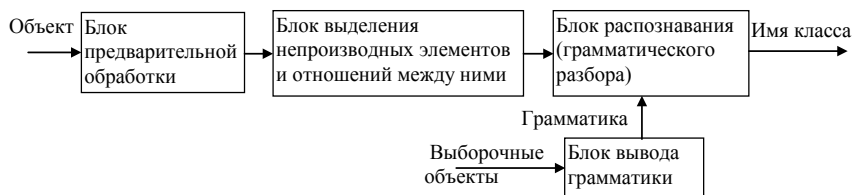


Рис. 2.1. Структурная схема лингвистической системы распознавания объектов

2. Для проведения исследования выбирается один из видов объектов интерьера или инженерной сети аудитории. Выполняется эскиз объекта исследования с указанием на нем непроизводственных элементов.



Рис. 2.2. Пример представления описания изображения с применением иерархического лингвистического подхода

3. По объектам исследования проводится их распознавание с применением лингвистического метода, который требует построение грамматики описания объекта через производные элементы и отношения между ними (возможно с учетом их иерархии — см. рис. 2.2).

4. По представленным описаниям объектов необходимо подтвердить достаточный уровень грамматики и доступность описания для определения класса объекта.

3. Контрольные вопросы

1. В каких случаях возможно использование лингвистического метода распознавания образов?

2. Что является производным элементом в образе строительных изделий?

3. Каким образом устанавливается соответствие элемента изображения изделия одному из вариантов его представления?

4. Каким образом отображаются в описании отношения между производными элементами?

5. Какие можно назвать признаки, характеризующие каждый вид производного элемента изображения строительного изделия?

Рекомендуемая литература при подготовке к практическим занятиям: [7], [27], [35], [43].

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Исследование метода распознавания строительных материалов с применением количественных признаков

Цель работы: изучить и освоить методы распознавания образов с применением количественных признаков

1. Индивидуальное задание

Для проведения исследования задается набор следующих объектов:

- конструкций строительных изделий (прил. 1);
- количественные параметры дефектов строительных материалов, сооружений или конструкций;

- численные характеристики строительных материалов, изделий или сооружений;
- численные характеристики технических средств контроля и измерения.

Особенность состава набора объектов строительных изделий состоит в том, что их классификация и принадлежность к известным классам, видам или группам не очевидна и общеизвестна.

Задание: по представленным графическим изображениям строительных изделий (его дефектов, средств контроля и пр.) произвести их классификацию через применение количественного критерия признака.

2. Методические указания

1. Изучить метод распознавания объектов с применением количественного признака.

2. Составить эскизы распознавания объектов, представленных по индивидуальному заданию (прил.)

3. Определить критерии классификации строительных изделий, указав характеристики на эскизах объектов: по расхождениям в площадях и отклонению контуров форм.

К типовым формам контура объекта относят: прямоугольную, ромбовидную, эллипсовидную, конусообразную вершиной вниз и вверх.

Для классификации могут быть использованы другие количественные детерминированные показатели или характеристики объектов, которые отражают наиболее существенные его параметры.

Построение всех четырех типовых форм на исследуемом объекте выполняется таким образом, чтобы обеспечить минимальное значение отклонения d контуров строительного изделия и типовой его формы. Измерения выполняются по угловым координатам d_i (рис. 3.1).

При принятии в качестве критерия величины отклонения d от типовой формы выполнить ее расчет по каждому объекту.

При принятии в качестве критерия отклонения площади фигуры ΔS_i расчет площади для типовой формы объекта может быть выполнен по простым уравнениям элементарных геометрических фигур (см. рис. 3.1).

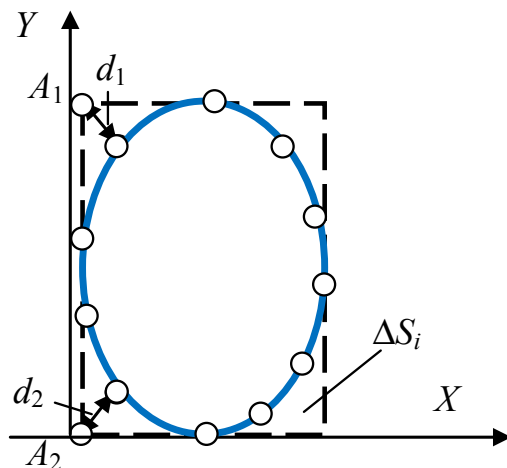


Рис. 3.1. К определению критериев

По установленным значениям критерия ΔS_i для каждого i -го варианта сочетания контуров типовой формы и объекта определяем вариант с минимальным значением критерия. К этому варианту формы (классу) и относится исследуемый объект.

Аналогично можно выполнить классификацию объектов исследования с другими количественными характеристиками. Целевая функция классификации, являясь основным его признаком, устанавливает взаимосвязь между классом и объектом, принадлежащим ему

3. Контрольные вопросы

1. Какие признаки могут быть использованы для распознавания формы строительного изделия?
2. Что значит распознавание образов по критерию?
3. Почему не одна из рассматриваемых в работе идеальных форм изделия не соответствует исследуемой реальной форме изделия?
4. Что необходимо разработать для полной автоматизации процесса распознавания образа?

Рекомендуемая литература при подготовке к практическим занятиям: [7], [27], [35], [43].

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

Исследование технологии электронной идентификации строительной продукции

Цель работы: изучить методы штрихкодирования параметров материалов и сооружений.

1. Индивидуальное задание

Вариант индивидуального задания устанавливается согласно номеру в списке группы. Изделие регистрируется в России (табл. 4.1) .

Таблица 4.1

Индивидуальное задание

№ п/п	Наименование	Штрих-код	Создание символического изображения штрих кода
1	Шпаклевка	4820020550127	4820142930395
2	Стул	4820142930395	4620739710498
3	Плитка для стен	4823057114430	4751006563896
4	Универсальная шпаклевочная масса Sakret	4751006563896	4823057114430
5	Силикатный кирпич	10800000000025	1319000122001
6	Кирпич строительный	1319000122001	10800000000025
7	Облицовочный кирпич	2700380000819	2700150002913
8	Двери	2700150002913	2700380000819
9	Шпатлевка	4620739710498	4820020550127
10	Эмаль акриловая	4607170147052	4607033117918
11	Крепеж для вагонки № 4 100 шт.	4607033117918	4600611217413
12	Клей обойный Момент Индикатор 300 г. Хенкель	4600611217413	4607170147052
13	Клеймер № 1 крепеж для вагонки и панелей (100 шт.)	2000275093286	3000000005408
14	Блок зажимов наборный БЗН 20А 10 пар	4690259161520	4607136850514
15	Комплект монтаж. для заделки кабеля ТКТ/М (клеевой)	3000000005408	4607136850514
16	Клей для керамической плитки и керамогранита 25кг. Мешок бумажный с полиэтиленовой вставкой	4620739710092	4660013350293

17	Клей для керамической плитки и керамогранита 5 кг. Бумажный крафт-мешок	4620739710191	2000260854250
18	Клей момент монтаж экспресс декор 400 г для пенопанелей	4600611214030	4607136850514
19	Универсальный клей "Кволити" для всех типов обоев	4660013350293	4607136519558
20	Клей ПВА, 120 г	4602723040859	3000000005408
21	Клей экспресс "Монтаж" жидкие гвозди момент, 250 г	4600611214252	2124200690101

2. Методические указания

1. Изучить теоретические сведения по электронной идентификации.
2. Ознакомиться со сведениями о продукте через штрихкодирование.



Рис. 4.1. Обозначение зон в штрих-коде EAN-13

При расшифровке штрих-кода EAN-13 внесенные сведения на изделие разделяются на 5 зон:

- Префикс национальной организации GS1 (2 или 3 цифры).
- Регистрационный номер производителя товара (4-6 цифр).
- Код товара (3-5 цифр).
- Контрольное число (1 цифра).
- Дополнительное поле (необязательное штрихкодированное поле, иногда там ставится знак «>», «индикатор свободной зоны»).

3. Изучить параметры штрих-кода с применением справочной литературы [57].

4. Получить индивидуальное задание и произвести расшифровку кода.

Пример расшифровки штрих-кода: 4820024700016. Первые цифры (482) означают страну происхождения (изготовителя или продавца) продукта, следующие — предприятие-изготовитель, еще пять (70001) — наименование товара, его потребительские свойства, размеры, массу, цвет. Последняя цифра (6) контрольная, используемая для проверки правильности считывания штрихов сканером (рис. 4.2).



Рис. 4. 2. Пример изображение штрих-кода для его проверки

5. Выполнить проверку контрольной цифры для определения подлинности товара в следующей последовательности:

- Складываем цифры, стоящие на четных местах: $8+0+2+7+0+1=18$.
- Умножаем на 3 полученную сумму: $18 \times 3 = 54$.
- Складываем цифры, стоящие на нечетных местах, без контрольной цифры: $4+2+0+4+0+0=10$.
- Складываем числа, указанные в пунктах 2 и 3: $54+10=64$.
- Отбрасываем десятки в предыдущем числе и получаем цифру 4.
- Вычисляем из 10 полученное число в пункте 5: $10-4=6$.

6. Изучить принципиальную схему конструкции сканера штрих-кода (рис. 4.3).

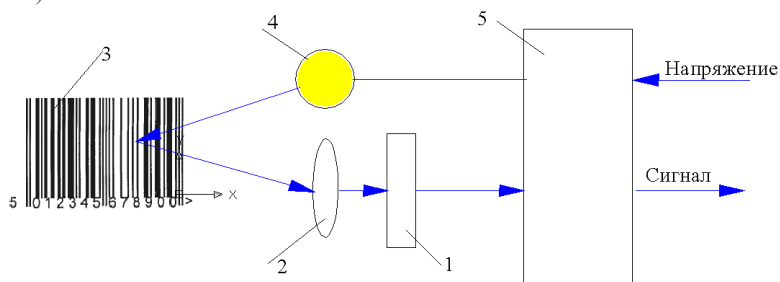


Рис. 4.3 Принципиальная схема считывания штрих-кода сканером:
1 — фотодатчик; 2 — линза; 3 — штрих-код; 4 — источник света; 5 — обработка сигналов

7. Проанализировать особенности изображения двумерных штрих кодов и их построения [57].
8. Оформить результаты работы и сделать выводы.

3. Контрольные вопросы

1. Какие виды кодирования информации о товаре известны?
2. Как читается штрих-код?
3. Какую роль выполняет контрольное число в коде?
4. В какой последовательности и какие сведения представляются о товаре в штрих-коде?
5. В какой последовательности строится штрих-код с применением программы Microsoft Office Excel?
6. Каким образом возможна визуализация штрих-кода в программе Microsoft Office Excel?
7. В чем преимущество применения 2D штрих-кода?

Рекомендуемая литература при подготовке к практическим занятиям: [7], [11], [27], [35], [43].

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

Исследование структуры системы автоматизации управления процессами

Цель работы: исследовать и составить структурные схемы автоматизации управления процессами в строительной индустрии.

1. Индивидуальное задание

Для выполнения работы необходимо получить индивидуальное задание от преподавателя на составление системы автоматизации управления процессами в строительстве, его объектах или их производстве.

В качестве индивидуального задания рассматривается структура автоматизации контроля:

- уровня воды в резервуаре;
- температуры в водогрейном котле;

- давления в водогрейном котле;
- усилия в системе контроля состояния строительного сооружения соответствующего назначения и конструктивного решения.

2. Методические указания

Для составления структурной схемы САУ необходимо предварительно:

- 1) установить назначение схемы автоматического управления;
- 2) изучить технологический процесс и определить объект управления и его измеряемые, контролируемые и регулируемые параметры для обеспечения выполнения целевого назначения САУ;
- 3) выявить принцип и способ автоматического управления;
- 4) определить организацию пунктов контроля и управления данным технологическим процессом;
- 5) установить структуру САУ.

По каждому пункту делается его описание и строится структурная схема САУ.

При подготовке отчета о работе следует отмечать наиболее существенные моменты в работе в соответствии с индивидуальным заданием.

3. Контрольные вопросы

1. Укажите основное назначение САУ.
2. Из каких элементов состоит САУ?
3. Какие виды структурных схем известны?
4. В какой последовательности разрабатывается структурная схема САУ?
5. Укажите назначение каждого элемента структурной схемы измерения.

Рекомендуемая литература при подготовке к практическим занятиям (нумерация выполнена согласно списку литературы): [2], [5], [14], [18], [25], [27], [29], [33], [41], [46], [47], [50], [54], [55], [57].

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6

Выбор параметров технологии неразрушающего контроля для оценки строительной продукции

Цель работы: изучить и освоить методы неразрушающего контроля качества строительной продукции

1. Индивидуальное задание

Задание: произвести выбор и обоснование метода неразрушающего контроля согласно условиям, представленным в табл. 6.4.

Таблица 6.1

Исходные данные к заданию

№ варианта	Строительная продукция	Материал	Вид дефекта
1	Железобетонные плиты перекрытий	Железобетон	Трещины, раковины
2	Железобетонные шпалы	То же	Нарушение армирования
3	Фундаментные блоки	Бетон	Раковины
4	Колонны опор	Железобетон	
5	Стальная ферма перекрытия	Сталь	Трещины
6	Труба газопровода	То же	Протечки
7	Сварной шов конструкции	То же	Нарушение сплошности
8	Фундаментный блок	То же	Внутренняя коррозия металла
9	Стеновая панель	Железобетон	Инородные включения
10	Железобетонные блоки	То же	Расслоение

2. Методические указания

1. Составить алгоритм выбора метода неразрушающего контроля строительной продукции.

2. Установить характеристики строительной продукции и его дефектов, согласно выданному индивидуальному заданию (табл. 6.1).

3. Определить несколько вариантов (не менее двух) методов неразрушающего контроля с использованием сведений о них по их характеристикам (табл. 6.2–6.4).

Характеристики методов неразрушающего контроля

Метод	Выявляемые дефекты	Описание
Акустический	Расслоение или развитие трещин, нарушение сплошности	Регистрация упругих колебаний, которые возбуждаются в объекте. Могут быть пассивными и активными в зависимости от характера взаимодействия. В первом случае регистрируют волны, возникающие в самом объекте, а во втором — измерение интенсивности отражаемого сигнала от объекта
Магнитный	Поверхностные и подповерхностные дефекты, внутренние несплошности	Регистрация магнитных полей над дефектами. Для работы необходимо намагнитить поверхность объекта и обработать ее специальной пропиткой. Металлические частицы, попадая в поле, возникшее над повреждением, притягиваются друг к другу и образуют цепочку
Вихретоковый	Толщина включений, трещины, нарушения сплошности	Заключается во взаимодействии электромагнитного поля от преобразователя с полем, наводимым вихревыми токами. Подходит для электропроводящих материалов
Электрический	Раковины и другие дефекты в отливках, расслоения в металлических листах, трещины в металлических изделиях, растрескивания в эмалевых покрытиях и органическом стекле	Анализ и контроль проводящих и диэлектрических материалов. Метод заключается в прикладывании электрического напряжения и создании поля. Дефекты отображаются в тех местах, где падает напряжение, измеряемое электродами
Оптический	Поверхностные дефекты, коррозионные трещины, пустоты, расслоения, инородные включения	Взаимодействие светового излучения с объектом с помощью наружных и внутренних методов. Наружный подходит для объектов из любых материалов, а внутренний — только для прозрачных
Рентгеновский	Внутренние и поверхностные дефекты формы соединений	Подходит для изделий из сталей и сплавов на основе алюминия, титана или никеля, а также неметаллических и металлических материалов композиционного типа
Капиллярный	Невидимые невооруженным глазом дефекты, коррозии	Индикаторные жидкости загружаются в полость поверхностных дефектов, что позволяет зарегистрировать рисунок. Из достоинств метода выделяются: высокая чувствительность и разрешающая способность, достоверность и наглядность, контроль деталей разной сложности, широкий спектр материалов для контроля
Тепловой	Внутренние и наружные дефекты	Основной параметр, изучаемый при определении дефектов тепловым методом, — изучение разности температур в бездефектных и дефектных областях

Таблица 6.3

**Оценочные данные о чувствительности
некоторых методов неразрушающего контроля**

Метод	Минимальные размеры выявляемых несплошностей, мкм		
	Ширина раскрытия	Глубина	Протяженность
Визуально–оптический	5–10	–	100
Цветной	1–2	10–30	100–300
Люминесцентный	1–2	10–30	100–300
Магнитопорошковый	1	10–50	30
Вихретоковый	0,5–1	150–2000	600–2000
Ультразвуковой	1–30	–	–
Радиографический	100–500	1–1,5 от толщины *	–

* При толщине металла более 7 мм относительная чувствительность радиографического метода резко снижается, при толщине 1 мм составляет примерно 10 %.

Таблица 6.4

Этапы выбора метода и средств измерений

Этапы выбора метода и средств измерений	Решаемые задачи	Используемая документация
Анализ характеристик объекта контроля (параметров дефектов и свойств материала)	Выявление характеристик объекта контроля	Стандарты, программа и методика испытаний, технологическая документация на изготовление и контроль качества
Предварительный выбор средств измерений. Сравнительный анализ применяемых и предлагаемых методик выбора средств измерений	Определение методов и средств измерений, использование которых обеспечивает нормированные показатели технологического процесса с учетом их метрологических и эксплуатационных характеристик	Государственные отраслевые стандарты и стандарты предприятия, классификация на средства и методы измерений
Окончательный выбор методов и средств измерений	Технико-экономическое обоснование выбираемых средств измерений. Определение недостающих средств и методов измерений	Методика расчета экономической эффективности выбираемых методов и средств измерений

4. Выполнить сравнительный анализ методов неразрушающего контроля по их достоверности и эффективности.

5. Представить обоснование рационального метода неразрушающего контроля строительных изделий как наиболее соответствующего требованиям по диагностике дефектов строительной продукции.

6. Подготовить выводы по выполненной работе.

3. Контрольные вопросы

1. Укажите особенности методов неразрушающего контроля.

2. Какие факторы учитываются при выборе методов неразрушающего контроля?

3. Какие виды неразрушающего контроля вам известны?

4. В какой последовательности осуществляется выбор методов и средств измерения?

5. Укажите, какие характеристики дефектов строительной продукции учитываются при выборе методов неразрушающего контроля?

6. По каким показателям устанавливаются рациональные методы измерений?

Рекомендуемая литература при подготовке к практическим занятиям: [15], [33]

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 7

Исследование конструкции и работы оборудования для измерения температуры

Цель работы: изучить и исследовать конструкцию и работу датчиков для измерения температуры

1. Индивидуальные задания и методические указания к их выполнению

Практическое задание 1. Определить поправку в показаниях термомпары и температуру рабочего конца термометра. Тип термомпары, ТЭДС термометра E , мВ, температура свободных концов t_c , °C (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Исходные данные к практическому заданию 1

№ варианта	Тип термопары	E , мВ	t_c , °C
Четный	Платинородий — платина	$3,75+0,1m^*$	$32+m$
Нечетный	Хромель — копель	$4+0,1m$	$21+m$

m^* — номер студента в списке группы.

По справочным данным определяем градуировочные характеристики термопары при t_c , °C (прил. 2 табл. П.7.4 и П.7.5 [57]).

ТЭДС термометра с учетом поправки определится как сумма E и градуировочной характеристики термопары при t_c , °C.

Находим по суммарной ТЭДС температуру ей соответствующую (прил. 2 табл. П.7.4 и П.7.5 [57]).

Практическое задание 2. Определить величину допускаемых отклонений измеренной термоэлектродвижущей силы при измерении температуры рабочего тела термоэлектрическим термометром. Тип термометра в наборе с милливольтметром (табл. 7.2). Милливольтметр расположен в помещении блочного типа, имеющем температуру t_b , °C. Термоэлектрический термометр подключен к милливольтметру с помощью удлиняющих термоэлектродных проводов. Шкала милливольтметра $t_{ш1}$ – $t_{ш2}$, °C, класс 1,0. Показания измеренной температуры t_n , °C.

Пределы допускаемых значений погрешностей термометра и удлиняющих термоэлектродных проводов выполняем с использованием данных (прил. 2, табл. П7.4, П7.5 [57]) и табл. 7.2, применяя закон Шарля:

$$p_t = p_0(1 + \beta_t \Delta t),$$

где β_t — коэффициент температурного расширения, $\beta_t = \frac{1\Delta V}{\Delta t V_0}$.

Таблица 7.2

Исходные данные к практическому заданию 2

№ варианта	t_b , °C	$t_{ш1}$, °C	$t_{ш2}$, °C	t_n , °C	Тип термометра, класс допуска
Четный	20 ± 1 °C	200	600	$540 + m$	K, 2
Нечетный	18 ± 1 °C	180	700	$600 + m$	T, 1

Практическое задание 3. Медный термометр сопротивления имеет сопротивление R_{t1} , Ом при температуре t_1 , °С. Определить сопротивление при температуре, равной 100 °С. Температурный коэффициент равен $\alpha_m = 4,26 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$.

Таблица 7.3

Исходные данные к практическому заданию 3

№ варианта	t_1 , °С	R_{t1} , Ом
Четный	20	1,75

Практическое задание 4. Определить допуск термопреобразователя сопротивления 100М, если измеряемая температура равна t_1 , а класс допуска определить, используя табл. 7.4.

Таблица 7.4

Исходные данные к практическому заданию 4

№ варианта	Класс допуска	t_1 , °С
1–3 4–6 7–9	AA W 0.1 F 0.1	$0 + m$
10–12 13–15 16–18	A W 0.15 F 0.15	$-50 + 5m$
19–21 22–24 25–27	B W 0.3 F 0.3	$-150 + 10m$
28–30 31–3 34–36	C W 0.6 F 0.6	$-150 + 20m$

Обозначение термопреобразователя сопротивления 100М означает, что у него сопротивление $R_0 = 100$ Ом, а тип — медный.

2. Контрольные вопросы

Каковы преимущества измерения температуры с помощью термопар?

Какие условия необходимо выполнить при градуировке термопар?

1. Насколько неточно отражают измерители температуры динамику изменения температуры контролируемого процесса?

2. Чем ограничивается сопротивление измерительной цепи при применении термопар?

3. Чем отличаются аналитические методы оценки погрешности температуры от экспериментальных?

Рекомендуемая литература к самостоятельной подготовке к занятиям (нумерация выполнена согласно списку литературы): [1], [2], [4], [3], [9], [10], [12], [13], [20], [24], [33], [48], [54], [57].

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 8

Исследование конструкции и работы датчиков для измерения деформации

Цель работы: изучить и исследовать конструкцию и работу датчиков для измерения деформации.

1. Индивидуальное задание и методические указания

1. Для консольной балки с тензорезисторами (рис. 8.1) установить их параметры согласно исходным данным (табл. 8.1).

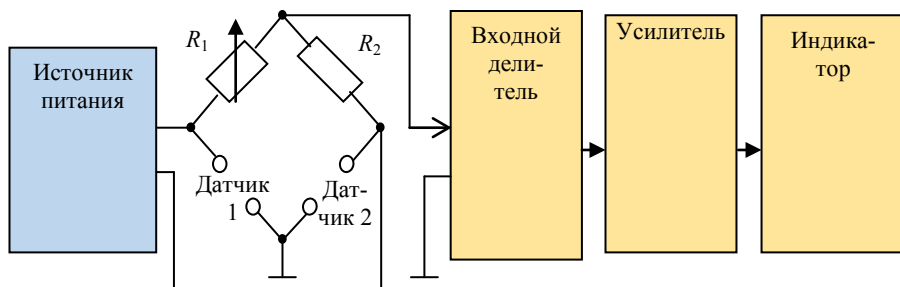


Рис.8.1. Схема измерений с применением тензодатчиков

Исходные данные к исследованию

№ варианта	Нагрузка P , Н	Параметры балки $l \times b \times h$, м	Модуль упругости E , Па	Материал проводника тензорезистора	Коэффициент тензочувствительности K
1	20	$0.9 \times 0.04 \times 0.01$	2×10^{11}	Металл	2
2	40	$0.8 \times 0.04 \times 0.01$	2.1×10^{11}	Никель	10
3	30	$0.8 \times 0.03 \times 0.01$	3.2×10^{10}	Висмут	20
4	20	$0.9 \times 0.03 \times 0.01$	3.2×10^{10}	То же	21
5	40	$0.9 \times 0.04 \times 0.01$	2.1×10^{11}	Никель	11
6	20	$0.8 \times 0.04 \times 0.01$	2×10^{11}	Металл	3
7	30	$0.6 \times 0.02 \times 0.01$	2×10^{11}	То же	3
8	40	$0.85 \times 0.35 \times 0.01$	2.1×10^{11}	Никель	12
9	50	$0.8 \times 0.04 \times 0.01$	3.2×10^{10}	Висмут	22

Определить статическую характеристику преобразователя Δl

$$\Delta l = f(P) = \frac{6 \cdot l^2 \cdot P}{E \cdot b \cdot h^2},$$

где Δl — абсолютная линейная деформация поверхности балки в точке измерения, см; P — сосредоточенная сила — нагрузка балки, кг; l — длина участка балки между точкой приложения нагрузки и точкой измерения, см; h — толщина балки, см; b — ширина балки, см; E — модуль упругости материала балки, кг/см². Для балки, используемой в данной работе, $l = 90$ см, $b = 4$ см, $h = 1$ см, $E = 2 \times 10^6$ кг/см².

2. Установить относительную линейную деформацию γ_l тензопреобразователя:

$$K = \frac{\gamma_R}{\gamma_l}; \quad \gamma_R = \frac{\Delta R}{R}; \quad \gamma_l = \frac{\Delta l}{l}.$$

3. Вычислить относительное изменение сопротивления γ_R :

$$\gamma_R = f(P) = K \frac{6 \cdot l \cdot P}{E \cdot b \cdot h^2}.$$

Определить выходное напряжение ΔU :

$$\Delta U = \frac{1}{4} U_{num} \frac{\gamma_R}{1 + \gamma_R},$$

где U_{num} — напряжение питания моста, снимаемое с измерительной диагонали моста. Источником питания моста является стабилизированный выпрямитель с постоянным выходным напряжением $U_{num} = 5$ В.

4. Установить значение унифицированного первичного электрического сигнала U .

5. Определить для строительной конструкции (балки) ее наиболее нагруженный участок.

6. Дать описание расположения датчиков на строительной конструкции (балке).

7. Составить мост для исследования деформации строительной конструкции.

8. Отметить, каким образом устанавливается точное значение сопротивления первого тензодатчика R_1 при постоянном резисторе с номинальным сопротивлением $R_2 = 1000$ Ом.

9. Провести исследование изменения выходного напряжения ΔU в измерительной установке при изменении значения нагрузки P на $\pm 5\%$, $\pm 15\%$, $\pm 30\%$ и $\pm 50\%$. Построить график $\Delta U = f(P)$.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается явление тензоэффекта?
2. Что такое коэффициент тензочувствительности?
3. Что является естественной входной и выходной величиной наклеиваемого тензорезистора?
4. Для измерения каких физических величин могут быть использованы тензопреобразователи?
5. Какое влияние на чувствительность тензопреобразователя оказывают длина базы, число проводников в решетке и площадь их поперечного сечения?
6. Назовите основные источники погрешностей наклеиваемых тензорезисторов и способы их уменьшения.
7. Определите условие баланса моста.

Рекомендуемая литература к самостоятельной подготовке к занятиям (нумерация выполнена согласно списку литературы): [2], [4], [5], [18], [23], [33], [34], [36], [37], [57].

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 9

Исследования конструкции и работы оборудования для измерения геометрических размеров строительных изделий

Цель работы: изучить конструкцию и особенности работы оборудования для измерения геометрических размеров.

1. Индивидуальное задание

Задание: изучить устройство лазерного дальномера и определить его характеристики при измерении расстояния с его применением.

№ варианта	Тип лазерного дальномера	Измеряемое расстояние, м
1	Твердотельный лазер	1000
2	Оптический дальномер со светодиодами	500
3	Оптический дальномер с полупроводниковым лазером	200
4	Оптический дальномер с газовыми лазерами	10000

2. Методические указания

1. Согласно заданию преподавателя отобрать в справочной литературе конкретную модель лазерного дальномера.

Принцип действия дальномеров активного типа состоит в измерении времени, которое затрачивает посланный дальномером сигнал для прохождения расстояния до объекта и обратно. Скорость распространения сигнала (скорость света или звука) считается известной.

При импульсном методе дальнометрирования используется следующее соотношение:

$$L = ct/2, \quad (9.1)$$

где L — расстояние до объекта; c — скорость распространения излучения; t — время прохождения импульса до цели и обратно.

Измерение расстояний дальномерами пассивного типа основано на определении высоты h равнобедренного треугольника ABC, например

по известной стороне $AB = l$ (базе) и противолежащему острому углу β (т. н. параллактическому углу). При малых углах β (выраженных в радианах)

$$h = l/\beta \quad (9.2)$$

Одна из величин, l или β , обычно является постоянной, а другая — переменной (измеряемой). По этому признаку различают дальномеры с постоянным углом и дальномеры с постоянной базой.

В импульсном светодальномере источником излучения чаще всего является лазер, излучение которого формируется в виде коротких импульсов. Для измерения медленно меняющихся расстояний используют одиночные импульсы, при быстро изменяющихся расстояниях применяется импульсный режим излучения. Твердотельные лазеры допускают частоту следования импульсов излучения до 50–100 Гц, полупроводниковые — до 104–105 Гц. Формирование коротких импульсов излучения в твердотельных лазерах осуществляется механическими, электрооптическими или акустооптическими затворами или их комбинациями. Инжекционные лазеры управляются током инжекции.

В фазовых светодальномерах в качестве источников света применяются накаливаемые или газосветные лампы, светодиоды и почти все виды лазеров. Оптический дальномер со светодиодами обеспечивает дальность действия до 2–5 км, с газовыми лазерами при работе с оптическими отражателями на объекте — до 100 км, а при диффузном отражении от объектов — до 0,8 км; аналогично, оптический дальномер с полупроводниковыми лазерами обеспечивает дальность действия 15 и 0,3 км. В фазовых светодальномерах излучение модулируется интерференционными, акустооптическими и электрооптическими модуляторами. В СВЧ фазовых оптических дальномерах применяются электрооптические модуляторы на резонаторных и волноводных СВЧ структурах.

В импульсных светодальномерах обычно в качестве фотоприемного устройства применяются фотодиоды, в фазовых светодальномерах фотоприем осуществляется на фотоэлектронные умножители. Чувствительность фотоприемного тракта оптического дальномера может быть увеличена на несколько порядков применением оптического гетеродинамирования. Дальность действия такого оптического дальномера ограничивается длиной когерентности передающего лазера, при этом возможна регистрация перемещений и колебаний объектов до 0,2 км.

Измерение временных интервалов чаще всего осуществляется счетно-импульсным методом.

2. Подготовить характеристики лазерного дальномера (табл. 9.1).

Таблица 9.1

Характеристики лазерного дальномера

№ п/п	Тип дальномера	Источник излучения	Наименование признаков

3. Построить принципиальную схему работы заданного вида дальномера.

4. Выполнить расчет характеристик работы лазерного дальномера.

5. Оформить выводы по результатам работы.

3. Контрольные вопросы

1. Какие известны виды лазерных дальномеров?

2. Какой источник излучения в лазерных дальномерах?

3. Из каких основных элементов устроен лазерный дальномер?

4. В чем различие между априорным алфавитом классов и словарем признаков?

5. На основании каких данных осуществляется выбор вида лазерного дальномера?

6. Какие особые меры безопасности необходимо учесть при работе с лазерным дальномером?

Рекомендуемая литература к самостоятельной подготовке к занятиям (нумерация выполнена согласно списку литературы): [14], [15], [25], [32], [49].

Библиографический список

1. Автоматизация систем теплоснабжения и отопления / С.А.Чистов и др. — СПб. : Стройиздат, 1987. — 248 с.
2. Балабанов П.В. Приборы аналитического контроля : методические указания / П.В. Балабанов, С.В. Пономарев, А.Г. Дивин. — Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. — 20 с.
3. Батоврин В.К., Бессонов А.С., Мошкин В.В. LabVIEW : практикум по основам измерительных технологий / под ред. В. К. Батоврина. 2-е изд, переработ. и доп. — Москва : Пресс. — 232 с.
4. Васильев А.В., Раппопорт Д.М. Тензометрирование и его применение в исследованиях тракторов. — Москва : Машгиз, 1963 — 340 с.
5. Волковский М.С. Автоматика и автоматизация производственных процессов : учеб. пособие / М.С. Волковский. — Пермь : Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. — 145 с.
6. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания : учеб. пособие. — 4-е изд., испр. — Москва : Высш. шк., 2004. — 261 с.; ил.
7. ГОСТ 21.404 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.
8. ГОСТ 24297–87 Входной контроль продукции. Основные положения.
9. ГОСТ 6651–2009 Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний.
10. ГОСТ 7076 Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности.
11. ГОСТ ИСО/МЭК 15420–2001 Автоматическая идентификация. Кодирование штриховое. Спецификация символики EAN/UPC (ЕАН/ЮПиСи).
12. ГОСТ Р 52314–2005. Преобразователи термоэлектрические платинородий-платиновые и платинородий-платинородиевые эталонные 1, 2 и 3-го рядов. Общие технические требования.
13. ГОСТ Р 8.585–2001 Государственная система обеспечения единства измерений. Термопары. Номинальные статистические характеристики преобразования.
14. ГОСТ Р 8.596-2002 Метрологическое обеспечение измерительных систем. Основные положения.
15. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. — Москва : Горячая линия–Телеком, 2009. — 608 с.; ил.
16. Дерябин И.П. Метрологическое обеспечение компьютерного моделирования точности обработки деталей / И.П. Дерябин, И.Н. Миронов — Серия «Машиностроение», вып. 19. Вестник ЮУрГУ. 2012. №12. С. 169–175.

17. Диагностирование технологических процессов строительных материалов / А.С. Ермаков, О.Г. Мухамеджанова // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании : сб. материалов Международной научной конференции (12–13 ноября 2014 г., Москва). / Электрон. дан. и прогр. (29 Мб). — Москва : МГСУ, 2015. — С. 242–246.
18. Диагностирование швейных технологических систем: монография / А.С. Ермаков, И.В. Писаренко. — Москва : РГУТиС, 2013. — 232 с.
19. Диагностирование технологических процессов строительных материалов / А.С. Ермаков, О.Г. Мухамеджанова // Интеграция, партнерство и инновации в строительной науке и образовании : сб. материалов Международной научной конференции (12–13 ноября 2014 г., Москва). / Электрон. дан. и прогр. (29 Мб). — Москва : МГСУ, 2015. — С. 242–246.
20. Дроздов В.А., Сухарев В.И. Термография в строительстве. — Москва : Стройиздат, 1987. — 240 с.
21. Ермаков А.С. Требования к технологическому оборудованию гибких технологических систем // Ежемесячный научный журнал Национальной ассоциации ученых (НАУ). 2015. №2 (7). Ч. 3 : сб. научных трудов VII Международной научно-практической конференции «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени». Технические науки — Екатеринбург, 2015. — С. 56–62.
22. Изотов В.С. Метрология, стандартизация, сертификация и государственный надзор в строительстве : учеб. пособие. — Казань : КГАСУ, 2011. — 123 с.
23. Кунин Ю.С., Колесов А.И., Ямбаев И.А., Морозов Д.А. Усиление и расчет стальных конструкций из тонкостенных холодногнутых профилей с учетом податливости узловых соединений // Вестник МГСУ. 2012. № 11. С. 74—81.
24. Лабораторный практикум по курсу «Материаловедение» : учеб. пособие / А.И. Кравцов и др. — Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008. — 127 с.
25. Малышева-Стройкова А.Н. Оптоэлектронные устройства дистанционного контроля геометрических параметров профильных объектов : дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук по спец. 05.13.05. — Самара, ФГБОУ ВПО «СГАУ им. акад. С.П. Королева», 2014. — 188 с.
26. Менеджмент качества и ИСО 9000 [Электронный ресурс] : документы и материалы по менеджменту качества. URL: <http://quality.eup.ru/>, <10.04.2015>
27. Метаданные информационного обеспечения диагностики технологического оборудования / А.С. Ермаков, А.С. Черкашев. — Сервис в России и за рубежом. 2014. №1. — С. 145–152.
28. Методы решений специальных задач с использованием информационных технологий / А.С. Ермаков. — Москва : МГСУ, 2014. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/> ISBN 978-5-7264-0973-3 (сетевое).
29. Метрологическое моделирование процессов контроля и диагностики в объектах и производстве / А.С. Ермаков. Сб. научных трудов по материалам

Международной научно-практической конференции: в 12 частях. Москва : 2015. С. 34–36.

30. Зворыкина Т.И. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. пособие. — Москва, 2014.

31. МИ 1317-86 Конечные цели измерений и измеряемые величины.

32. МИ 2240-98 ГСИ. Анализ состояния измерений, контроля и испытаний на предприятии, в организации, объединении. Методика и порядок проведения работы.

33. Неразрушающий контроль и диагностика : справочник / В.В. Клюев, Ф.Р. Соснин, А.В. Ковалев и др. ; под ред. В.В. Клюева. 3-е изд. испр. и доп. — Москва : Машиностроение, 2005. 656 с.; ил.

34. Осипов Г.Л., Лопашов Д.З., Федосеева Е.Н. Акустические измерения в строительстве. — Москва : Стройиздат, 1978 . С. 164–173.

35. Основы теории распознавания образов : пер. с англ. — Москва : Сов. радио, 1980. — 408 с.

36. Пиотровский Я. Теория измерений для инженеров. — Москва : Мир, 1989. — 335 с.

37. Пирометры http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/ardo_info.pdf

38. Планирование и организация эксперимента : метод. указания по проведению практических занятий / А.С. Ермаков. — Электрон. дан. и прог. (5 Мб). — Москва : МГСУ, 2015.

39. ПР 50.2.006–94 Порядок проведения поверки средств измерений.

40. ПР 50–732–93 Типовое положение о метрологической службе государственных органов управления Российской Федерации и юридических лиц.

41. Проблемы метрологического обеспечения объектов техносферы, строительной науки и практики / М.И. Киселев, В.В. Подувальцев, М.С. Хлыстунов. — Электронное научно-техническое издание «Наука и образование» № 11, ноябрь 2011 — URL: <http://technomag.edu.ru/doc/252086.html> <дата обращения 10.08.2013>

42. Разработка способов контроля, диагностирования и устранения технологических дефектов изделий / Е.И. Стародубцева, А.С. Ермаков. — Сервис в России и за рубежом. 2014. № 1 — С. 129–137.

43. Распознавание образов: состояние и перспективы : пер. с англ. / Верхаген К., Дейн Р., Грун Ф., Йостен Й., Вербек П. — Москва : Радио и связь. 1985. — 104 с.; ил.

44. Реализация элементов системы менеджмента качества при аттестации рабочих мест на предприятиях сервиса / А.С. Ермаков, Д.А. Черепанов. — Сервис в России и за рубежом. 2014. №1. С. 204–210.

45. РТМ 75–95 Руководящие технологические материалы по заводскому производству сборных предварительно напряженных железобетонных конструкций.

46. Рязанцев Т.Е., Буюкяп С. П., Седельникова И.А. Современные автоматизированные системы контроля деформаций высотных зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. № 2. 2005.

47. Системы мониторинга и диагностики технологического оборудования с программным управлением / А.С. Ермаков, А.С. Черкашев // Современные проблемы туризма и сервиса : материалы Всероссийской научной конференции аспирантов и молодых ученых. — Москва : ФГБОУ ВПО «РГУТиС», 2014. — С. 80–85.

48. Скрипка В.Л. Построение градуировочных характеристик термпар : учеб.-метод. пособие по практическим занятиям и лабораторным работам. — Москва : ФГБОУ ВПО «Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина», 2014. — 38 с.

49. Современные лазерные технологии для строительства // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века 2006. №1. С. 36–37.

50. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, М.Б. Миндин, С.А. Ключев ; под ред. А.С. Ключева. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Энергоатомиздат, 1991. — 432 с.; ил.

51. Технология строительных процессов : учебник для строит. вузов / В.И. Теличенко, О.М. Терентьев, А.А. Лапидус. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Высш. шк., 2005, 392 с.; ил.

52. Федеральный закон от 26 июня 2008 года №102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» (с изменениями на 21 июля 2014 года).

53. Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход : пер. с англ. — Москва : Вильямс, 2004. — 928 с.; ил.

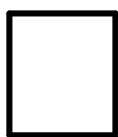
54. Функциональные схемы автоматизации / URL: <http://glasscollege.ru/automatiz/Conspekt/ATP/2.html>, <10.04.2015>

55. Цынаева Е.А. Промышленная теплоэнергетика. Теплотехнические измерения и приборы в теплоэнергетике : сб. учеб.-исследоват. практ. работ. — Ульяновск : УлГТУ, 2015. — 60 с.

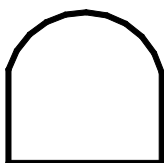
56. Шляхтина Т.Ф. Технологические особенности изготовления железобетонных конструкций для жилищного и гражданского строительства : учеб. пособие. — Братск : БрГУ, 2010. — 129 с.

Приложение

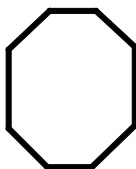
Состав набора объектов исследования для их распознавания с применением целевой функции



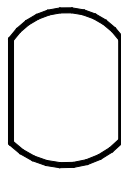
а



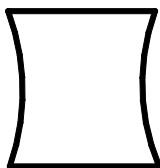
б



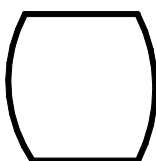
в



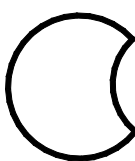
г



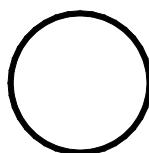
д



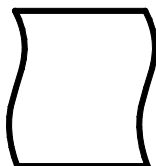
е



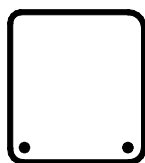
ё



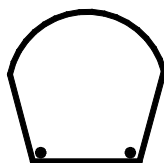
ж



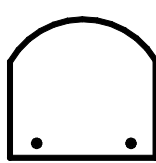
з



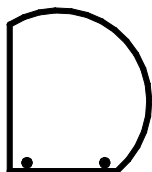
и



й



к



л



и



й



к

Формы контуров поверхностей изделий