

УДК 621.317

В.Д. Циделко, Н.А. Яремчук, М.В. Василенко

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»*

## **НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ РЕЗУЛЬТАТА ИЗМЕРЕНИЯ. ДИСТАНЦИОННЫЙ КУРС**

*В статье приведено описание дистанционного курса, главной целью которого является обучение вопросам оценивания неопределенности при обработке данных измерений и представления результатов измерения с неопределенностью. Дистанционная форма обучения позволяет использовать его и при подготовке специалистов в вузах и для повышения квалификации специалистов, работающих в области метрологии и измерительной техники. Курс разработан на кафедре информационно-измерительной техники НТУУ «КПИ». В настоящее время он передан для организации процесса обучения в Украинский институт информационных технологий в образовании.*

*неопределенность, результат измерения, дистанционное обучение*

### **Введение**

Понятие неопределенность измерения, представленное Руководством Международной органи-

зации стандартизации ISO «Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement», уже прочно вошло в международную метрологическую практику.

Процесс внедрения этого понятия в отечественную метрологическую практику, связанный с переработкой большого количества нормативных документов и разработкой инженерных рекомендаций, проводится медленно. Кроме того, практически все учебники метрологии основаны на традиционной метрологической теории точности, что затрудняет обучение и переподготовку специалистов.

Проблема внедрения концепции неопределенности не только узкопрофессиональная проблема метрологии. Так как измерениями занимаются специалисты разных областей, возникает необходимость в создании универсального учебного курса, позволяющего ликвидировать трудности в самостоятельном освоении нового подхода к оценке точности результата измерения.

### Описание курса

Главной целью курса «Неопределенность результата измерения» является обеспечение возможности освоения в короткий срок нового подхода к обработке данных при измерениях и представлению результата измерения.

#### Задачами курса являются:

- изучение основных понятий, касающихся способов оценивания неопределенности, классификации составляющих неопределенности, способов представления неопределенности;
- получение знаний и умений в области составления бюджета неопределенности однократных и многократных прямых, косвенных, совокупных и совместных измерений;
- получение знаний и умений в области представления результата измерения с неопределенностью.

Курс **предназначен** для инженеров, научных работников, преподавателей и менеджеров; курс полезен для персонала, работающего в области метрологии и измерительной техники, биомедицинской, электронной, аэрокосмической, автомобильной и других областях, занимающегося измерениями в своих сферах деятельности; курс ориентирован на подготовку и переподготовку специалистов, и повышение квалификации.

### Обучение

Структурная схема курса представлена на рис. 1. Перед изучением материалов курса предусмотрен тест входного контроля, который позволяет оценить уровень начальной подготовки. В случае успешного прохождения теста можно приступать к изучению базового курса, при неудовлетворительном результате – дается рекомендация о необходимости дополнительной подготовки.

Дистанционный курс достаточно компактный: первая лекция базового курса посвящена основным понятиям в области неопределенности, а последующие восемь – использованию понятия неопределенности в конкретных видах измерений. Для выработки умений в оценивании составляющих неопределенности и составлении бюджета неопределенности различных видов измерений в курсе размещен виртуальный **лабораторный практикум**. Для реализации самоконтроля хода обучения в курсе размещены **тесты**. Общий объем основного курса с самостоятельной работой 1,5 кредита ECTS.

Количество часов/дней при изучении курса может варьироваться от 36 до 54 часов в течении 4 – 5 дней по просьбе обучающихся.

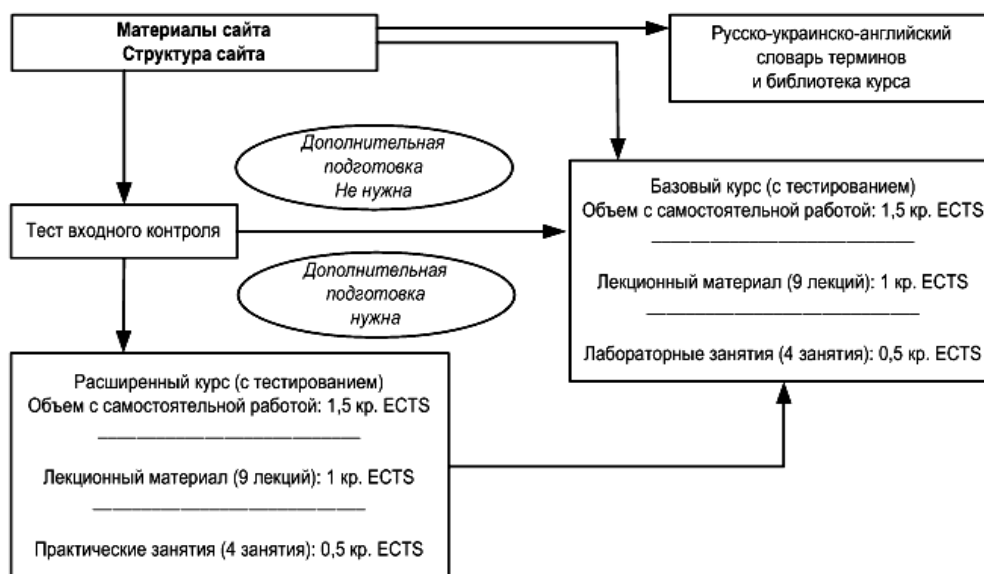


Рис. 1. Структурная схема дистанционного курса

Для обеспечения возможности работы с международными документами в курсе предусмотрен **словарь терминов** и определений на русском, украинском и английском языках. Приведены иллюст-

рации связей между терминами. Для специалистов, не имеющих специальной метрологической подготовки и стремящихся получить подготовку в области внедрения неопределенности, предусмотрен

**расширенный курс**, позволяющий подготовить обучаемого для изучения основной части курса. Необходимость дополнительного обучения может быть определена на основании теста исходной подготовки. Объем расширенного курса с самостоятельной работой 1,5 кредита ECTS. Расширенный курс состоит из лекционного и практического разделов: девять лекций по основам метрологии подкрепляются четырьмя практическими занятиями. После каждой лекции предполагается тестирование с самоконтролем.

Обучение завершается итоговым тестированием и выполнением самостоятельной **расчетной работы** и итоговым тестированием. Для выполнения расчетной работы могут быть или использованы конкретные производственные задачи обучаемого, или выбраны учебные задания, имеющиеся в курсе. Итоговое тестирование состоит из двенадцати вопросов, которые случайным образом выбираются из тестового пространства.

Для расширения возможности самостоятельной работы в области изучения неопределенности и ее использования в курсе предусмотрена **библиотека**, в которой размещены неадаптированные (для изучения) документы в области внедрения концепции неопределенности, а также перечень ссылок на сайты, содержащие информацию по тематике курса.

В результате успешного окончания курса обучающийся может получить один из следующих документов:

1. **Сертификат** Украинского Института Информационных Технологий в Образовании (УИИТО) – в случае обучения по дистанционной или очно-дистанционной форме без очной сдачи выпускной работы.

2. **Свидетельство** о повышении квалификации государственного образца – в случае обучения по любой форме, не обязательной очной сдаче выпускной работы.

3. Может быть **сертификат двух организаций** (если это интересует организацию-партнера).

### **Содержание базового курса**

Базовый курс состоит из лекционного материала и лабораторного практикума. После каждой лекции производится тестирование.

#### **Состав лекционного материала:**

1. Представление результата измерения с неопределенностью.

2. Прямые однократные измерения. Составление бюджета неопределенности, представление результата.

3. Прямые многократные измерения. Обработка данных без группировки, составление бюджета неопределенности, представление результата.

4. Прямые многократные измерения. Обработка данных с группировкой, составление бюджета неопределенности, представление результата.

5. Объединение результатов нескольких неравноточных измерений и нескольких неравноточных групп измерений. Непараметрические и робастные методы обработки данных прямых многократных измерений.

6. Косвенные однократные измерения. Составление бюджета неопределенности, представление результата измерения.

7. Косвенные многократные измерения. Составление бюджета неопределенности, представление результата измерения.

8. Обработка данных косвенных однократных измерений при наличии корреляционных связей. Составление бюджета неопределенности, представление результата.

9. Обработка данных при совокупных и совместных измерениях (безыбыточных и избыточных). Составление бюджета неопределенности, представление результата.

**Виртуальный лабораторный практикум** состоит из следующих лабораторных работ:

1. Оценивание неопределенности при прямых и косвенных однократных измерениях.

2. Оценивание неопределенности при косвенных многократных измерениях.

3. Оценивание неопределенности при совокупных и совместных измерениях.

4. Оценивание неопределенности при квантовании.

В расширенном курсе размещены материалы, касающиеся основных понятий метрологии, нормирования метрологических характеристик средств измерения, коррекции систематических погрешностей, оценивания характеристик случайных погрешностей при прямых и косвенных измерениях.

### **Заключение**

В заключении отметим особенности разработанного дистанционного курса.

При создании лекционной части были использованы документы ISO [1 – 4], материалы монографии [5] и статей [6 – 8].

Процесс обучения реализован в среде Learning Space Lotus Notes. Тестирование производится посредством системы Moodle.

Виртуальный лабораторный практикум позволяет имитировать реальную обстановку проведения эксперимента с составлением бюджета неопределенности и представлением результата измерения.

Словарь состоит из терминологических схем, иллюстрирующих связи между терминами: родовые, партитивные и ассоциативные. С помощью гиперссылок возможен доступ к определениям отдельных терминов с пояснениями и примерами. Все материалы представлены на трех языках: русском, украинском и английском.

При подготовке англоязычного текста использован документ ISO [2], перевод на украинский и русский язык – авторский.

Разработанный создателями тест входного контроля позволяет оценить уровень исходной подготовки обучаемого. При необходимости дополнительной подготовки обучаемый может воспользоваться расширенной частью курса с тестами для самоконтроля и практическими занятиями.

### Список литературы

1. *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement: First Edition.* – ISO, Switzerland, 1993. – 101 с.
2. *International vocabulary of basic and general terms in metrology (VIM): 3<sup>rd</sup> edition* – ISO, Switzerland, 2004. – 55 p.
3. *ISO/TS 21748:2004(E). Guidance for the use of repeatability, reproducibility and trueness estimates in measurement uncertainty estimation.* – ISO, Switzerland, 2004. – 30 p.
4. РМГ 43-2001, *Применение "Руководства по выражению неопределенности измерений"*. – Минск: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 20 с.

5. Ціделко В.Д., Яремчук Н.А., *Невизначеність вимірювання. Обробка даних і подання результату вимірювання: Монографія.* – К. ІВЦ "Видавництво "Політехніка", 2002. – 176 с.

6. Захаров И.П. *Неопределенность измерения: общие подходы к составлению бюджета неопределенности* // *Український метрологічний журнал.* – 2004. – № 2 – С. 10-15.

7. Захаров И.П. *Составление бюджета неопределенности прямых измерений* // *Український метрологічний журнал.* – 2004. – № 3 – С. 5-11.

8. Ціделко В.Д., Яремчук Н.А., Василенко М.В. *Исследование способов оценивания неопределенности косвенного измерения при невозможности линеаризации уравнения погрешности* // *Системи обробки інформації.* – 2006. – Вып. 7 (56). – С. 77-81.

Поступила в редколлегию 5.05.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. И.В. Руженцев, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.