

Уровень защиты данных в традиционных системах учета отсутствует. В современных ИСУ и системах с интеграцией NILM реализован базовый уровень защиты в соответствии с международными стандартами серии IEC 62443 «Сети промышленной коммуникации. Безопасность сетей и систем».

Заключение. Проведенный анализ современных интеллектуальных систем учета электрической энергии подтверждает их ключевую роль в переходе к цифровой модели управления энергопотреблением. Результаты исследования демонстрируют, что внедрение ИСУ позволяет не только снизить коммерческие потери. Особую значимость имеет интеграция методов неинтрузивного мониторинга нагрузки (NILM) с комплексными мерами информационной безопасности, что позволяет достичь оптимального баланса между детализацией анализа энергопотребления и защитой персональных данных. Результаты исследования показали значение интеллектуальных систем учета электрической энергии при переходе от «умного учета» к «умной сети» и далее к «умному городу».

Перспективы дальнейших исследований связаны с развитием аналитики данных для прогнозирования и управления спросом, интеграцией ИСУ в системы управления распределенными сетями и совершенствованием методов анонимизации данных. Результаты данного исследования могут быть использованы энергетическими предприятиями при выборе и внедрении систем интеллектуального учета, а также при разработке нормативно-правовой базы, регулирующей их эксплуатацию в условиях цифровой трансформации электроэнергетики.

1. Осика, Л. К. Расчетные методы интеллектуальных измерений Smart Metering в задачах учета и сбережения электроэнергии: практическое пособие / Л. К. Осика. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2013. – 422 с.

2. Дробышевский, Н. П. Ревизия и аудит: учеб.-метод. пособие / Н. П. Дробышевский. – Минск: Амалфея: Мисанта, 2013. – 143 с.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ ДОЛИ ПРОТЕИНА С УЧЕТОМ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

Ерощенко А.С., Огурцов В.Ю.,

студенты 2 курса ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь

Научные руководители – Бувевич А.Э., канд. техн. наук, доцент,

Бувевич Т.В., канд. техн. наук, доцент

Ключевые слова. Методика, компьютерная программа, метрологическая точность, массовая доля, входные данные, корреляция, суммарная неопределенность.

Keywords. Methodology, computer program, metrological accuracy, mass fraction, input data, correlation, total uncertainty.

Работа посвящена комплексному исследованию проблем метрологической точности и разработке защищённой компьютерной программы для автоматизированного определения массовой доли протеина в кормах, комбикормах и сырье.

Цель – разработать методику определения массовой доли протеина с учётом неопределённости измерений.

Материалы и методы. Методика определения массовой доли протеина с учётом неопределённости измерений согласно ГОСТ 13496.4-2019 п.8. Методика разработана по требованиям СТБ ИСО/МЭК 17025-2001 согласно Руководству по выражению неопределённости и Руководству ЕВРАХИМ/СИТАК «Количественное описание неопределённости в аналитических измерениях» [1].

Сущность метода заключается в минерализации органического вещества пробы кипящей серной кислотой в присутствии катализатора с образованием серноокислого аммония, добавлении к охлажденному минерализату избытка гидроокиси натрия для выделения аммония, отгонке и титровании выделенного аммиака, вычислении массовой доли азота в испытуемой пробе и пересчете на массовую долю сырого протеина [2].

Результаты и их обсуждение. При проведении анализа используют: весы лабораторные по ГОСТ с пределом допускаемой абсолютной погрешности однократного взвешивания не более $\pm 0,001$ г; бюретки по ГОСТ 29251 с точностью изготовления 0.1 мл, которые используются при температуре 20 градусов цельсия. Остальное оборудование и реактивы не оказывают существенного влияния на суммарную неопределенность.

Массовую долю азота в испытуемой пробе X , %, вычисляют по формуле по [1]:

$$X = \frac{(V_1 - V_0) \cdot K \cdot 0.0014 \cdot 100}{m},$$

где: V_0 – объем раствора серной кислоты, израсходованный на титрование в контрольном опыте, см³; V_1 – объем раствора серной кислоты, израсходованный на титрование испытуемого раствора, см³; K – поправка к титру раствора серной кислоты молярной концентрации $c(1/2H_2SO_4) = 0.05$ моль/дм³; m – масса навески, г; 0.0014 – масса азота, эквивалентная массе серной кислоты, содержащейся в 1 см³ раствора молярной концентрации $c(1/2H_2SO_4) = 0,05$ моль/дм³, г/см³.

Массовую долю азота в испытуемой пробе X , %, при проведении отгонки аммиака в серную кислоту вычисляют по формуле по [1]:

$$X = \frac{(V_3 - V_2) \cdot K \cdot 0.0014 \cdot 100}{m},$$

где: V_2 – объем раствора гидроокиси натрия молярной концентрации $c(NaOH) = 0,1$ моль/дм³, израсходованный на титрование в контрольном опыте, см³; V_3 – объем раствора гидроокиси натрия молярной концентрации $c(NaOH) = 0,1$ моль/дм³, израсходованный на титрование испытуемого раствора, см³; K – поправка к титру раствора гидроокиси натрия молярной концентрации $c(NaOH) = 0,1$ моль/дм³; m – масса навески, г; 0.0014 – масса азота, эквивалентная массе серной кислоты, содержащейся в 1 см³ раствора молярной концентрации $c(1/2H_2SO_4) = 0,05$ моль/дм³, г/см³.

Результаты вычисляют до третьего десятичного знака. За окончательный результат испытания принимают среднеарифметическое значение результатов двух параллельных испытаний, которое округляют до второго десятичного знака.

Допускаемые расхождения между результатами двух параллельных определений r при доверительной вероятности $P = 0,95$ не должны превышать значения: $r = 0.03 \cdot \bar{X} + 0.02$, где $\bar{X}$ – среднеарифметическое значение результатов 2-х параллельных определений, %. Перечислим все входные величины X_i с указанием применяемых условных обозначений и единиц измерений, в которых они будут оцениваться: V_0 – объем раствора серной кислоты, израсходованный на титрование в контрольном опыте [см³]; V_1 – объем раствора серной кислоты, израсходованный на титрование испытуемого раствора [см³]; V_2 – объем раствора гидроокиси натрия молярной концентрации $c(NaOH) = 0,1$ моль/дм³, израсходованный на титрование в контрольном опыте [см³]; V_3 – объем раствора гидроокиси натрия молярной концентрации $c(NaOH) = 0,1$ моль/дм³, израсходованный на титрование испытуемого раствора [см³]; m – масса навески [г].

Стандартные неопределенности входных величин и их расчет даны в таблице 1.

Таблица 1 – Стандартные неопределенности входных величин

Xi	Составляющие неопределенности и их расчет.
V ₀	Тип оценивания неопределенности: В. Вид распределения: треугольное. Оцененное значение: V₀ – объём, израсходованный на титрование в контрольном опыте, с учетом температуры окружающей среды и с точностью до одной капли. Интервал, в котором находится значение входной величины: предел допускаемой погрешности бюретки составляет = ±0,1 ml. Влияние температуры от 15 до 25 (10 градусов) от объёма вещества V₀ $(2.1 \cdot V_0 \cdot 10^{(-4)}) \cdot 10 = \pm 0.00210 \cdot V_0$. Избыточный объем титранта равен объему одной капли и для данной бюретки составляет ±0.05 мл. Стандартная неопределенность $u_{v0}=0.04564454975$. Процентный вклад неопределенности 27.71.
V ₁	Тип оценивания неопределенности: В. Вид распределения: треугольное. Оцененное значение: V₁ – объём, израсходованный на титрование испытуемого раствора с учетом температуры окружающей среды и с точностью до одной капли. Интервал, в котором находится значение входной величины: предел допускаемой погрешности бюретки составляет = ±0,1 ml. Влияние температуры от 15 до 25 (10 градусов) от объёма вещества V₁ $(2.1 \cdot V_1 \cdot 10^{(-4)}) \cdot 10 = \pm 0.00210 \cdot V_0$. Избыточный объем титранта равен объему одной капли и для данной бюретки составляет ±0.05 мл. Стандартная неопределенность $u_{v1}=0.04848673567$. Процентный вклад неопределенности 29.43.
V ₂	Тип оценивания неопределенности: В. Вид распределения: треугольное. Оцененное значение: V₀ – объём, израсходованный на титрование в контрольном опыте, с учетом температуры окружающей среды и с точностью до одной капли. Интервал, в котором находится значение входной величины: предел допускаемой погрешности бюретки составляет = ±0,1 ml. Влияние температуры от 15 до 25 (10 градусов) от объёма вещества V₂ $(2.1 \cdot V_2 \cdot 10^{(-4)}) \cdot 10 = \pm 0.00210 \cdot V_2$. Избыточный объем титранта равен объему одной капли и для данной бюретки составляет ±0.05 мл. Стандартная неопределенность $u_{v0}=0.04564454975$. Процентный вклад неопределенности 27.71.
V ₃	Тип оценивания неопределенности: В. Вид распределения: треугольное. Оцененное значение: V₁ – объём, израсходованный на титрование испытуемого раствора с учетом температуры окружающей среды и с точностью до одной капли. Интервал, в котором находится значение входной величины: предел допускаемой погрешности бюретки составляет = ±0,1 ml. Влияние температуры от 15 до 25 (10 градусов) от объёма вещества V₃ $(2.1 \cdot V_3 \cdot 10^{(-4)}) \cdot 10 = \pm 0.00210 \cdot V_0$. Избыточный объем титранта равен объему одной капли и для данной бюретки составляет ±0.05 мл. Стандартная неопределенность $u_{v1}=0.04848673567$. Процентный вклад неопределенности 29.43.
m	Тип оценивания неопределенности: В. Вид распределения: треугольное. Оцененное значение: m₃ - при измерении массы навески. Интервал, в котором находится значение входной величины: предел допускаемой погрешности весов класса, по данным производителя, составляет = ±0,001г. Стандартная неопределенность $u_m=0.0004082482906$г.
X _{ср}	Тип оценивания неопределенности: А. Вид распределения: нормальное. Оцененное значение: X_{ср} = 3.604*. Интервал, в котором находится значение входной величины: предел повторяемости между двумя параллельными результатами не должен превышать величины, указанной в ГОСТ. Стандартная неопределенность: U_X= 0.01158928919*
Стандартная неопределенность U _X = 0.01742336003 *	
Расширенная неопределенность U с коэффициентом охвата 2 - 0.03484672006*	
Расширенная неопределенность U с коэффициентом охвата 3 - 0.05227008009*	

* – итоговые числа в расчетах могут отличаться в зависимости от значения переменных, однако все значения стандартных неопределенностей можно считать константами.

Входные величины некоррелированные. Суммарная стандартная неопределенность с учетом коэффициентов чувствительности, представляет собой частные производные выходной величины от входной [4]. Расширенную неопределенность U рассчитывают путем умножения суммарной стандартной неопределенности U_1 на коэффициент охвата k , равный 2 в предположении нормального распределения с вероятностью охвата 0,95. $U = 2 \cdot U_1$ или на коэффициент охвата k , равный 3 в предположении нормального распределения с вероятностью охвата 0,99. $U = 3 \cdot U_1$. Полный результат измерения записывается в следующем виде: $(X \pm U)$, где цифра, следующая за знаком $\pm$ стандартная неопределенность: $X \pm 0.01742336003$.

Далее величина U является расширенной неопределенностью, рассчитанной при коэффициенте охвата $k = 2$ и вероятности охвата 0,95: $X \pm 0.03484672006$ и при коэффициенте охвата $k = 3$ и вероятности охвата 0,95: $X \pm 0.05227008009$.

Заключение. Разработана методика определения массовой доли протеина в кормах, комбикормах, сырье с учётом неопределённости измерений. Определены влияющие факторы, найдены стандартные, расширенные неопределенности и их процентный вклад в суммарную неопределенность.

1. СТБ ИСО/МЭК 17025–2007 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий, 42 с.
2. Бувич, А. Э. Методика определения содержания нейтрально-детергентной клетчатки в кормах с применением амилазы с учетом неопределенности измерений / А. Э. Бувич, Т. В. Бувич // Наука - образованию, производству, экономике [Электронный ресурс] : материалы 76-й Региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 1 марта 2024 г. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2024. – С. 21–24.
3. Бувич, А. Э. Разработка программ для автоматизации расчетов содержания веществ с учетом неопределенности измерений / А. Э. Бувич, Т. В. Бувич // Материалы докладов 57-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. / УО «ВГТУ». – Витебск, 2024. – Т. 2. – С. 364–367.

МЕТОДИКА ВАЛИДАЦИИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА МАССОВОЙ ДОЛИ ПРОТЕИНА

Ерощенко А.С.¹, Шелестюкович Е.Г.²,

*¹студент 2 курса, ²магистрант ВГУ имени П.М. Машерова, г. Витебск, Республика Беларусь
Научные руководители – Бувич А.Э., канд. техн. наук, доцент,
Бувич Т.В., канд. техн. наук, доцент*

Ключевые слова. Компьютерная программа, валидация, верификация, неопределенность измерений.

Keywords. Computer program, validation, verification, measurement uncertainty.

Актуальность темы исследования. Установка нового программного обеспечения заканчивается после обязательной валидации, мониторинг.

Цель работы – разработать методику валидации программного обеспечения для определения содержания азота и сырого протеина по ГОСТ 13496.4-2019 п.8. с учетом неопределенности измерений. Данная цель является актуальной.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлено окно программы для автоматизированного определения массовой доли сырого протеина в кормах.

На рисунке 1, кремовые поля (обведенные прямоугольной областью) заполняются известными числовыми данными являются единственными, которые могут быть изменены оператором. Значения остальных полей вычисляемые и не могут быть изменены оператором. Для проверки работы программного обеспечения далее представлены фрагменты алгоритма, включая формулы для расчета промежуточных данных и вычисляемых полей программы. Все расчеты разработанного программного обеспечения проверяются вычислениями вручную с помощью независимого программного обеспечения. Расчеты также проверяются при помощи калькулятора.