

количество вещества, d – влагосодержание теплоносителя, G – расход материала (по абсолютно сухому веществу), c – истинная теплоемкость, K – коэффициент сушки

На основании данных уравнений, которых получена система нелинейных уравнений в частных производных. Проведена линеаризация данной системы и получена математическая модель процесса сушки по основным динамическим каналам.

УДК 621.311.18

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА СУТОЧНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ИНСОЛЯЦИИ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТАНОВКИ
ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ**

Андреанов В.М., д.ф.-м.н., профессор, **Зайцев Е.В.**, магистрант

Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Оптимизация использования панельных фотоэлектрических преобразователей для повышения эффективности электроснабжения является одной из ключевых задач в сфере возобновляемых источников энергии. Первым шагом к оптимизации использования панельных фотоэлектрических преобразователей является определение суммарной солнечной инсоляции в точке установки. На основании объединения существующих расчетных методик суточная солнечная инсоляция может быть определена:

$$W_n = \frac{12}{\pi} \cdot 10^{-3} \cdot \int_{\omega_k}^{\omega_n} Q_{\text{НАКЛ}} d\omega, \quad (1)$$

где $Q_{\text{НАКЛ}}$ - суммарная солнечная инсоляция, падающая на наклонную плоскость фотоэлектрического модуля, Вт/м²; ω_n и ω_k - часовые углы Солнца, соответствующие моментам времени восхода и заката.

Суммарная солнечная инсоляция, падающая на наклонную плоскость фотоэлектрического модуля, вычисляется по формуле[1]:

$$Q_{\text{Накл}} = Q_{\text{ПР}} + Q_{\text{РАС}} + Q_{\text{ОТР}}, \quad (2)$$

где, $Q_{\text{ПР}}$ - прямое солнечное излучение, поступающее на наклонную поверхность ФМ, Вт/м²; $Q_{\text{РАС}}$ - рассеянная солнечная инсоляция, падающая на наклонную плоскость ФМ, Вт/м²; $Q_{\text{ОТР}}$ - излучение, отраженное от поверхности земли и поступающее на поверхность ФМ, Вт/м².

Первое слагаемое в выражении (2) определяется с использованием формулы Кастрова:

$$Q_{\text{ПР}} = Q_{\text{ОТР}} \cdot \cos \theta = \frac{Q_0 \cdot \sin \alpha}{\sin(\alpha+c)} \cdot \cos \theta,$$

где $Q_{\text{отр}}$ - прямое солнечное излучение, поступающее на ортогональную солнечным лучам поверхность ФМ, Вт/м²; θ - угол падения прямого солнечного излучения на плоскость фотоэлектрического модуля, рад; Q_0 - солнечная постоянная при АМО, 1370 Вт/м²; α - высота Солнца, рад; c - величина степени прозрачности атмосферы.

Для определения угла падения прямого солнечного излучения на поверхность ФМ используется выражение[2]:

$$\cos \theta = \sin \delta \cdot \cos s \cdot (\sin \varphi - \cos \varphi \cdot \sin \varphi \cdot \cos \gamma \cdot \cos \delta \cdot \cos \varphi \times \\ \times \cos \omega) + \cos \delta \cdot \sin s \cdot (\sin \varphi \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega + \sin \gamma \cdot \sin \omega) \quad (3)$$

где δ - склонение Солнца, рад; φ - географическая широта расположения поверхности ФМ, рад; s - угол наклона ФМ к горизонту, рад; γ - азимут ФМ, рад; ω - часовой угол Солнца, рад. Склонение Солнца находится по формуле:

$$\delta = \arcsin \{ \sin \beta \cdot \cos \varepsilon + \cos \beta \cdot \sin \varepsilon \cdot \sin \lambda \} \quad (4)$$

где β - широта Солнца ($\beta = 0$); ε - наклон эклиптики; λ - долгота Солнца. Значение среднего наклона эклиптики к экватору задается формулой:

$$\varepsilon = 23^{\circ}27'08,26'' - 46,845''T - 0,00059''T^2 + 0,001811''T^3, \quad (5)$$

где T - число юлианских веков, прошедших с эпохи 5 января 1900 г.

Высоту Солнца можно найти из решения выражения [3]:

$$\sin \alpha = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega. \quad (6)$$

Рассеянную солнечную инсоляцию Q , падающую на наклонную плоскость ФМ, определяем по выражению:

$$Q_{\text{РАС}} = Q_{\text{РАС_ГОР}} \times [0,55 + 0,434 \cdot \cos \theta + 0,313 \cdot (\cos \theta)^2], \quad (7)$$

где $Q_{\text{РАС_ГОР}}$ - поток рассеянной солнечной энергии, поступающий на горизонтальную поверхность ФМ, Вт/м². Его можно вычислить по формуле Берлаге [4]:

$$Q_{\text{РАС_ГОР}} = \frac{1}{3} \cdot (Q_0 - Q_{\text{ОТР}}) \cdot \sin \alpha. \quad (8)$$

Отраженное от поверхности Земли излучение $Q_{\text{ОТР}}$, поступающее на наклонно установленную плоскость ФМ, учитываемое в выражении (2) для суммарной солнечной инсоляции, относительно мало и в первом приближении его не учитываем.

Выражение для расчета солнечной инсоляции, падающей на плоскость ФМ в условиях облачности, запишется в виде[4]:

$$Q_{\text{НАКЛ}} = (Q_{\text{ПР}} + Q_{\text{РАС}}) \times [1 - (a + b \cdot n) \cdot n], \quad (9)$$

где a - коэффициент, зависящий от широты местности установки ФМ в составе системы автономного электропитания (см. табл. 1); $b \approx 0,38$ - коэффициент, который при всех условиях оказывается примерно одинаковым; n - количество облаков ($n = 0$ при отсутствии облаков, $n = 1$ при сплошной облачности).

Таблица 1 – Зависимость коэффициента «а» от широты расположения систем автономного электропитания

Φ	0	10	20	30	40	50	60	70	75	80	85
A	0,38	0,4	0,37	0,36	0,38	0,4	0,36	0,18	0,16	0,15	0,14

На основе вышеприведенных соотношений (1)-(9) для определения среднемесячной солнечной инсоляции, падающей на поверхность ФМ, логичным является разработка программного продукта для применения на мобильных средствах.

Сравнения полученных результаты с данными по солнечной инсоляции проекта NASA «Prediction Of Worldwide Energy Resources» [5], выявлена приемлемая погрешность для применения в инженерных расчетах.

Литература

1. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учеб, пособ. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. 128 с.
2. Duffie J.A., Beckman W.A. Solar engineering of thermal processes. New Jersey: John Wiley & Sons, 2013. 928 p.
3. Duffett-Smith P., Zwart J. Practical Astronomy with your Calculator or Spreadsheet. New York: Cambridge University Press, 2011. 238 p.
4. Сивков С.И. Методы расчета характеристик солнечной радиации.-Л.: Гидрометеиздат, 1968. 229 с.
5. NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources [Электронный ресурс]. URL: <https://power.larc.nasa.gov> (14.09.2024).

УДК 537.868.3

БИОСЕНСОРНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА МОЛОКА

Крылова Н.Г., к.ф.-м.н., доцент, **Крутов А.В.**, к.т.н., доцент, **Ковалев В.А.**, к.т.н., доцент
Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск

Республика Беларусь входит в пятерку ведущих стран мира по экспорту молочной продукции. Объемы производства молока составляют около 9 млн. тонн в год. Обеспечение качества молока – важная задача. От сортности поставляемого на переработку молока зависит качество молочной продукции, доходность отрасли. Молоко становится не пригодным к употреблению при заболевании животного маститом. По наблюдениям животноводов известно, что об этом заболевании коровы сигнализируют ряд факторов:

- уменьшение суточного удоя молока;
- замедление молокоотдачи, более продолжительная дойка;
- изменение цвета молока.

Основную проблему составляют маститы с субклиническим течением, т.е. без проявления клинических признаков болезни. Своевременное выявление данного заболевания позволяет не допускать его дальнейшего развития и получать высококачественное молоко.

Подтверждение этого заболевания дает только лабораторный анализ физико-химического состава молока, определение количества соматических клеток в 1 см³ молока, его электропроводности.

Установлено, что при маститах электропроводность молока животных повышается. В молоке при этом заболевании уменьшается содержание жира, казеина, лактозы, солей кальция, калия, фосфора, магния. Изменяются и другие показатели его состава. Экспресс оценка удельной электропроводности молока широко применяется в настоящее время при роботизированной дойке коров, в современном доильном оборудовании.

Нами проанализированы приборные методы диагностики мастита коров, в частности современные методы электрохимического анализа молока с использованием нанобиосенсоров. Биосенсор – это устройство, способное распознать объект исследования и