

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

преобразовывать полученную информацию в электрический сигнал. Биосенсорные системы способны непрерывно сигнализировать о биологическом состоянии исследуемого объекта в режиме реального времени. В настоящее время активно ведутся исследования встречноштыревых структур электродов (ВШСЭ), направленные на оптимизацию топологии структуры, а также подбор материалов электродов и чувствительного покрытия. ВШСЭ из углеродных материалов (в том числе наноматериалов, таких как углеродные нанотрубки) и металлов зарекомендовали себя как подходящая платформа для создания биосенсоров для биомедицинских приложений. Биосенсоры на основе ВШСЭ могут использовать различные методы электрофизического детектирования: амперометрия, потенциометрия, дифференциальная вольтамперометрия, импедансная (диэлектрическая) спектроскопия. Значительное усиление сигнала в биосенсорах на основе ВШСЭ позволяет обнаруживать биоаналиты в сверх низких концентрациях, поэтому ВШСЭ платформа является на сегодняшний день наиболее востребованной для разработки электрохимических клеточных, ДНК- и иммуносенсоров. [1].

Использование биосенсоров в диэлектрической спектроскопии с широким диапазоном частот позволяет детектировать изменения многокомпонентного профиля состава молока, значительно повышая чувствительность и селективность анализа. Электрохимические сенсоры позволяют исследовать широкий спектр процессов с участием микро- и наночастиц [1-3]. Они сочетают в себе как возможности для оценки качественных параметров (удельная электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал), так и для выделения вклада отдельных составляющих в комплексную диэлектрическую проницаемость. В то же время, это требует разработки корректных многопараметрических моделей процесса описания протекающих электрохимических реакций при заболевании маститом. Окислительно-восстановительный потенциал (редокс-потенциал) молока является количественной мерой окисляющей и/или восстанавливающей способности. Потенциал нормального свежего молока, определенный потенциометрическим методом, равен 250-350 мВ и поддерживается рядом окислительно-восстановительных систем, включающих аскорбиновую кислоту, токоферолы, цистеин, рибофлавин, молочную кислоту, коферменты окислительно-восстановительных ферментов (дегидрогеназ, оксидаз), кислород, металлы и др. Так, определяя комплексную диэлектрическую проницаемость молока на различных частотах исследуется поляризация различных компонентов молока. Различные профили изменения состава молока будут давать различный отклик электрохимической системы. Например, в дипольную поляризацию будут давать вклад молекулярные диполи белков и шариков жира. При этом каждый из типов диполей будет характеризоваться своим микроскопическим временем релаксации, что обуславливает необходимость учета распределения по временам релаксации. Таким образом, время релаксации перестает быть дискретной величиной, а описывается неким распределением около своего среднего значения.

Изменения в кислотности, вязкости, содержании жира, количестве ферментов (каталаза, липаза) в молоке, полученном от больных коров, будут приводить к изменению зависимости импеданса молока от частоты. Использование многопараметрической модели может обеспечить значительно большую чувствительность и селективность метода импедансной спектроскопии по сравнению с кондуктометрическими и электрометрическими методами.

В работе для описания электрохимической ячейки с молоком в сенсоре исследована модель, в которой электроды изолированы, что препятствует протеканию электрохимических реакций на поверхности электрода. Для этого электроды покрываются тонкими изолирующими покрытиями, которые препятствуют переносу заряда между электродом и электролитом. Подобные сенсоры являются емкостными и позволяют изучать электрохимические процессы и определять диэлектрическую проницаемость образца в приэлектродной области. В это случае, наиболее значимым измеряемым параметром является емкость сенсора, определяемая, в первую очередь, емкостью двойного слоя Гельмгольца. В зависимости от природы носителей заряда в электролите и концентрации

зарядов в приэлектродном слое варьируется ширина двойного слоя и величина напряженности электрического поля в приэлектродной области. Редокс-зонды также обеспечивают значительное повышение чувствительности сенсоров этого типа.

Эффективность сенсорной системы рассчитывалась по величине отклика в активном и реактивном сопротивлениях ячейки с молоком, при варьировании величины его проводимости. Величина отклика сенсора изучалась в зависимости от параметров встречно-штыревой структуры (ширины и длины электродов, межэлектродного расстояния) и типа сенсорного покрытия (в отсутствие или при наличии диэлектрического слоя). Моделирование и подбор наиболее точной эквивалентной электрической схемы наряду с выбором схемы проведения электрофизических измерений являются необходимыми этапами для корректного анализа получаемых экспериментальных данных.

Литература

1. Грушевская, Г. Одномолекулярное EIS-секвенирование ДНК на композитах нанопористых структур: достижения и перспективы / Г. Грушевская [и др.] // Наука и инновации – 2019. – № 4 (194). – С. 23-28.
2. Dielectrophoretic barrier-based microsystem for separation of microparticles / D.Chen, H. Du // *Microfluidics and Nanofluidics*. – 2007. – Vol. 3. – P. 603–610.
3. Dielectrophoretic platforms for bio-microfluidic systems / K. Khoshmanesh [et al.] // *Biosensors and Bioelectronics*. – 2011. – Vol. 26, № 5. – P. 1800–1814.
4. 3D paired microelectrode array for accumulation and separation of microparticles / D. Chen [et al.] // *Journal of micromechanics and microengineering*. – 2006. – Vol. 16. – P. 1162–1169.

УДК 681.5

ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕХОВОГО УРОВНЯ

Барашко О.Г., к.т.н., доцент, **Кобринец В.П.**, к.т.н., доцент

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск

Организационная поддержка систем управления цехового уровня является сталкивается с целым рядом проблем, связанных с отсутствием ответственности персонала цеха (мастеров и начальника) за учет. За учет в MES системе должны отвечать сотрудники цеха, иначе информация в MES-системе не будет достоверной. В каждом цеху существуют формы, в которых производство отчитывается за свои результаты: перед бухгалтерией, перед руководством, перед технологом и руководителем производства. Эти формы должны быть заменены документацией, реализованной в качестве отчетов в MES-системе. Процесс заполнения форм должен быть заменен процессом подтверждения корректности информации и результатов работы смены в цеху.

Если результаты учета в MES не используются в качестве первичной информации для бухгалтерии, если из MES не печатаются первичные документы, если отчеты из MES не запрашиваются регулярно руководителями, то учет в MES становится задачей второго порядка и им будут пренебрегать. Соответственно, информация в MES не будет достоверной.

Функционал первичного учета в MES в идеале должен быть таким, чтобы новый сотрудник мог быстро обучиться, а контрольные, аналитические операции и процедуры планирования должны быть описаны для того, чтобы новые рядовые сотрудники могли самостоятельно обучаться работе с системой. Техническая документация нужна для того, чтобы специалисты второй линии поддержки, решающие сложные вопросы и выполняющие доработки системы понимали, как работает система и выполняли доработки оптимальным образом, не придумывая велосипеды и не ломая существующий функционал.