

3. Научные основы использования топлива и смазочных материалов в сельском хозяйстве. – М.: Агропромиздат, 1987. – 247 с.
4. Яковлев В.С. Хранение нефтепродуктов. Проблемы защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1987. – 152 с.
5. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. – Москва: Транспорт, 1990. – 135 с.
6. Добыш Г.Ф. Пам'ятка по технической эксплуатации МТП и экономии топлива в сельском хозяйстве / Г.Ф.Добыш, Г.С.Дубовик, А.И.Костиков (и др.). – Минск: БГАТУ, 1998. – 17 с.
7. Карбанович И.И. Экономия автомобильного топлива: опыт и проблемы / И.И.Карбанович. – Москва: Транспорт, 1992. – 145 с.
8. Нефтепродукты для сельскохозяйственной техники. – Москва: Химия, 1988. – 288 с.
9. Хитрюк В.А. Экономное использование нефтепродуктов. аналитический обзор / В.А.Хитрюк, Е.Н.Логвинова. – Минск: Белорусский научный институт внедрения новых форм хозяйствования в АПК, 2005. – 68с.

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДНЫХ ЭЛЕКТРО- НАГРЕВАТЕЛЕЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРОВ ЭЛЕКТРИКОВ**

**Кубарко А.Н., Рутковский И.Г., Рутковская Н.В., Околот М.С., Тукайло П.Н.**  
*Белорусский государственный аграрный технический университет, г.Минск*

На практике в настоящее время широко используется косвенный электронагрев на основе ТЭНов. Существенные недостатки косвенного нагрева заключаются в ограниченной температуропроводности обрабатываемых сред и невысокой допустимой температуре на контактной поверхности теплообмена. Поэтому в электронагревательных установках (ЭНУ) с традиционными электронагревателями на основе протяженных металлических электронагревателей необходимо использовать промежуточные теплоносители, что повышает металлоемкость установок, их тепловую инерционность, снижает тепловой коэффициент полезного действия (КПД) и готовность к работе [1].

Распространенные технологии подогрева электропроводящих сред сельскохозяйственного назначения основаны на принципе внешнего теплоподвода. Эти технологии малоприспособны для нагрева молока, соков, мелассы, корнеклубнеплодов и т.д., так как эти среды имеют низкую теплопроводность и температуростойкость. Недостатки существующих способов заключаются: в чрезмерной длительности, в высокой энергоемкости, в плохой технологичности и в неравномерности нагрева обрабатываемой среды по объему. Устранение этих недостатков возможно при переходе к объемному вводу энергии в обрабатываемую среду.

В настоящее время, для приготовления и разогрева пищи, широкое распространение получили микроволновые печи. Однако для широкого использования в сельскохозяйственном производстве необходимо искать менее дорогостоящее решение. Кроме того, у микроволновых печей ограничен объем обрабатываемой среды и мощность нагрева. Значительно снизить стоимость электротепловой обработки можно уменьшив частоту тока в обрабатываемой среде до промышленной величины (50 Гц). При этом подвод тока к обрабатываемой среде необходимо осуществлять через токоподводящие электроды.

Электротепловая обработка различных токопроводящих материалов имеет высокий КПД – 98%, она отличается простотой конструкции электронагревательной установки, ее ремонтпригодностью, пожаробезопасностью и относительно невысокой стоимостью. Это предполагает ее широкое практическое применение. Однако выраженная зависимость удельного сопротивления обрабатываемой среды от температуры

нагрева, приводит к превышениям допустимых значений плотности тока, к лавинообразному росту отложений на электродах и к нежелательному электрохимическому воздействию на обрабатываемую среду. Для предотвращения этого требуется принятие дополнительных мер по обеспечению равномерности нагрева, что усложняет расчет, конструкцию и эксплуатацию таких установок. Нелинейность электротепловых процессов не позволяет применять существующие аналитические методики расчета. Расчет электротепловых процессов с использованием ЭВМ позволяет исключить превышение допустимых значений плотности тока и уменьшить до допустимой величины нежелательные электрохимические процессы на электродах [2].

При электродном электронагреве предъявляются жесткие требования к материалу электродов и плотности тока в межэлектродном пространстве. Обрабатываемые сельскохозяйственные термолабильные среды отличаются высоким температурным коэффициентом сопротивления (ТКС) и низкой термической устойчивостью. Повышение равномерности нагрева позволит более успешно применять электродный нагрев для электротепловой обработки соков, мелассы, молока и других термолабильных сред. Разработка, создание и использование секционированных и многозонных электродных электронагревателей (ЭЭН) в ЭНУ, обеспечивающих контроль температуры обрабатываемой среды, повышает качество электротепловой обработки, снижает капиталовложения в ЭНУ, что уменьшает их стоимость и снижают расход электроэнергии. Для точной оценки температуры в ЭНУ, при быстротечности процесса нагрева, необходимы малоинерционные датчики температуры. В случае использования ЭЭН, в качестве информационного канала возможно использование ТКС нагреваемой среды. Это так же позволяет контролировать нагрев обрабатываемой среды по всему объему.

В связи с этим ЭНУ с ЭЭН являются достаточно перспективными для использования в сельском хозяйстве. Кроме того, ЭЭН отличаются выраженной температурной зависимостью удельного сопротивления и мощности нагрева. Эта особенность позволяет на основе математических моделей (ММ) таких нагревателей разработать простые, наглядные и достаточно интересные примеры для обучения. По сравнению с косвенным нагревом ММ ЭЭН значительно проще, что значительно облегчает первоначальное восприятие материала. Вместе с тем, моделирование реальных технологических процессов повышает мотивацию обучаемых, увеличивается интерес к новым знаниям и как следствие повышается качество усвоенного материала [3, 4].

Моделирование ЭЭН проводится в курсе “Основы научных исследований и моделирование”, наряду с изучением работы сельхозмашины с электродвигателем, цепей постоянного тока, магнитных цепей, переходных процессов в цепях с конденсатором и катушкой индуктивности. Приведенные примеры основываются на обработке экспериментальных данных, решении систем линейных, нелинейных, дифференциальных и интегральных уравнений. Изучение курса закрепляет знания полученные при изучении высшей математики, вычислительной техники и программирования, теоретических основ электротехники, электрооборудования и электротехнологии. Кроме того, полученные знания позволяют глубже понять принципы работы и управления компьютерными программами и программами микроконтроллеров. Поскольку будущее АПК неразрывно связано с компьютеризацией и широким использованием микроконтроллеров, то полученные знания можно считать актуальными для профессиональной деятельности современного инженера-электрика.

#### Литература

1. Карасенко, В.А. Электронагревательные установки в сельском хозяйстве / В.А. Карасенко. – Минск: Уражай, 1971. – 192 с.
2. Кудрявцев, И.Ф. Электрический нагрев и электротехнология / И.Ф. Кудрявцев, В.А. Карасенко. – М.: Колос, 1975. – 384 с.

3. Турчак, Л.И. Основы численных методов / Л.И. Турчак. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 320 с.

4. Герасимович, Л.С. Математическое моделирование динамических характеристик секционированных проточных электродных электронагревателей / Л.С. Герасимович, М.А. Прищепов, И.Г. Рутковский // Проблемы развития энергетики и электрификации АПК: Сб. науч. тр. / БелНИИагроэнерго. – Минск, 1994. – С: 17–25.

## ВЛИЯНИЕ СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В МУКОМОЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ НА ПРОЦЕСС ГИДРОТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЗЕРНА

Лисовский В.В., к.т.н., доцент, Басюк Е.И.

*Белорусский государственный аграрный технический университет, г. Минск*

Мукомольная производство – одна из крупнейших и наиболее старых отраслей пищевой промышленности перерабатывающая зерно.

Одним из основных процессов подготовки зерна к помолу является гидротермическая обработка (кондиционирование). Зерно увлажняют различными способами: добавляют воду в массу зерна, моют его в специальных моечных машинах или обрабатывают паром в особых аппаратах-пропаривателях. Увлажненное зерно прогревают или же проводят последующие этапы процесса при обычной температуре.

В процессе технологического увлажнения и последующего отволаживания зерна на мельницах облегчается отделение его оболочек, увеличивается выход крупок (в драном процессе) и зольность отрубей, в результате чего увеличиваются показатель белизны, выход муки, уменьшается ее зольность, улучшается качество клейковины. На хлебозаводах, которые использующих муку в производстве, оптимизируется технологический процесс, увеличивается объемный выход хлеба, улучшаются его структура мякиша и цвет.[1]

В практике эффективность гидротермической обработки (ГТО), как и технологии производства муки в целом, традиционно оценивают выходом и качеством готовой продукции.

Одним из качественных показателей является состояние углеводного комплекса (соотношение крахмала и сахаров).

Хлебопекарные качества муки довольно существенно зависят от физико-химических свойств содержащегося в муке крахмала и скорости его расщепления амилазами. Крахмал является источником сбраживаемых углеводов в тесте, в то же время, поглощая воду при замесе теста и клейстеризуясь при выпечке, крахмал участвует в формировании теста и мякиша хлеба. Поэтому для хлебопекарных качеств зерна важно, чтобы часть крахмала гидролизовалось до растворимых сахаров, но также большая его доля должна сохраниться, чтобы участвовать в процессе приготовления теста.

Согласно проведенным исследованиям [2] воздействие СВЧ-поля при скорости 0,4...0,6°С/с и экспозиции 30...60 с приводит к незначительному гидролизу крахмала и увеличению содержания сахаров, что положительно влияет на качество получаемого продукта (контрольный образец подвергался горячему кондиционированию без воздействия энергии СВЧ-поля).

Также немаловажен показатель состояния белкового комплекса (содержание и качество клейковины)

Количество клейковины и ее свойства определяют хлебопекарное достоинство муки и качество выпекаемого из нее хлеба. Начальные стадии денатурации белков, которые наблюдаются при воздействии СВЧ-поля при скорости нагрева 0,4...0,6°С/с