

Научная статья

Original article

УДК. 631.3

DOI 10.55186/25876740\_2024\_8\_2\_26

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ  
СОЛОМЫ**

**MODELING OF ELECTROCHEMICAL PROCESSING OF STRAW**



**Алиев Бахруз Мирза** - Док,философ по тех., Азербайджанский Государственный Аграрный Университет, г. Гянджа пр.Ататюрка,450, Азербайджанская Республика, bahruz.aliyev@gmail.com

**Сулейманова Набат Мюрсель**, Док,философ по тех., Сумгаитский Государственный Университет, г.Сумгаит ул Шихалиева 42, Азербайджанская Республика, nabatsuleymanova@gmail.com

**Мамедова Судаба Октай**, Док,философ по тех., Гянджинский Государственный Университет г.Гянджа пр.Ататюрка,450, Азербайджанская Республика

**Aliev Bahruz Mirza** - PhD in Engineering, Azerbaijan State Agrarian University, Ganja Ataturk Ave. 450, Republic of Azerbaijan bahruz.aliyev@gmail.com

**Suleymanova Nabat Mursel** - PhD in Engineering, Sumgait State University, Sumgait Shihaliyev Str 42, Republic of Azerbaijan, nabatsuleymanova@gmail.com

**Mammadova Sudabe Oktay**, PhD in Engineering, Ganja State University, Ganja Ataturk Ave. 450, Republic of Azerbaijan

**Аннотация**

*В данном исследовании изучается применения методов, основанных на кислотном гидролизе соломы, щелочной обработке, гидробаротермическом, ферментно-дрожжевом. Одним из направлений является обработка грубых кормов, в том числе соломы, электрическим током. Известно применение электрического тока при различных технологических операциях в сельском хозяйстве. Электротехнологическая обработка соломы является достаточно эффективным методом повышения кормовой ценности, все ее возможности еще не реализованы в полной мере. Параметры тока связаны с его тепловым и нетепловым воздействием на разных уровнях: изменяя первое, можно усилить второе, что влияет на энергетическую емкость процесса. Однако экспериментально определить тепловое и нетепловое воздействие тока невозможно. Поэтому можно считать целесообразным оптимизировать параметры, входящие в действующую (общую) систему по тому или иному эффекту, путем установления и использования схемы замены рабочего материала. Нами были проанализирован данный метод который показал отношение силы тока химического воздействия к полной силе тока имеет тенденцию к уменьшению, начиная со значений энергии активации реакции  $W=2,5$ , угловой скорости тока  $\omega=249,2$  рад и температуры процесса  $t=90^{\circ}\text{C}$*

**Abstract**

This study examines the application of methods based on acid hydrolysis of straw, alkaline treatment, hydrobarothermal, enzyme-yeast. One of the directions is the processing of coarse feed, including straw, with electric current. It is known that electric current is used in various technological operations in agriculture. Electro technological processing of straw is a fairly effective method of increasing feed value, all its possibilities have not yet been fully realized. Current parameters are related to its thermal and non-thermal effects at different levels: by changing the first, you can enhance the second, which affects the energy capacity of the process. However, it is impossible to experimentally determine the thermal and non-thermal effects of the current. Therefore, it can be considered advisable to optimize the

parameters included in the current (general) system for one effect or another by establishing and using a scheme for replacing the working material. We analyzed this method, which showed the ratio of the current strength of the chemical action to the total current strength tends to decrease, starting with the values of the activation energy of the reaction  $W = 2.5$ , the angular velocity of the current  $\omega = 249.2$  rad and the process temperature  $t = 90^\circ \text{C}$ .

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, животноводство, корм, моделирование, электрохимическая обработка

**Keywords:** agriculture, animal husbandry, feed, modeling, electrochemical processing.

**Введение.** Изучение химического состава целлюлозы, ее отдельных фракций, структурных свойств отвердителей создало новые возможности для применения методов, основанных на кислотном гидролизе соломы, щелочной обработке, гидробаротермическом, ферментно-дрожжевом применении. Также предпринимались попытки использовать воздействие переменного электрического тока на целлюлозу.

Хотя в повышении пищевой ценности грубых кормов достигнуты определенные успехи, проблема совершенствования технологических и технических методов повышения переваримости клетчатки все еще стоит в связи с тем, что этих кормов в рационе слишком много, а сахаров не хватает.

Существуют технологии, нашедшие применение на том или ином уровне повышения пищевой ценности соломы. Их широкому использованию на практике препятствует то, что они до сих пор не могут удовлетворить требованиям по энергетической мощности, технологичности и совместимости с современными технологическими линиями.

Одним из таких направлений является обработка грубых кормов, в том числе соломы, электрическим током. Известно применение электрического тока при различных технологических операциях в сельском хозяйстве. Однако

следует отметить, что недостаточная изученность механизма явления, лежащего в основе положительного эффекта, получаемого при различном воздействии на различную сельскохозяйственную продукцию, отсутствие обширных исследований в условиях большого количества вариантов, невозможно иметь научно обоснованные рекомендации, которые закладывают основу экономического и технического превосходства той или иной технологии..

Животноводство - важная отрасль сельского хозяйства страны, и продукция этой отрасли составляет в денежном выражении важную часть всей продукции сельского хозяйства. Основной задачей, стоящей перед этой сферой, является увеличение объемов и качества выпускаемой продукции. В настоящее время наблюдается большое оживление в сельском хозяйстве в этом направлении: учитывая заботу государства о деятельности землевладельцев, они проявляют большую заинтересованность в повышении эффективности производственных площадей, стараются внедрять в производство новые и прогрессивные технологии [1]. Происходит ряд организационных изменений, наряду с фермерскими и крестьянскими хозяйствами возникают колхозы и акционерные общества. В таких условиях интенсификацию производства качественной продукции животноводства можно считать вполне рациональной. С другой стороны, если принять во внимание ограничение финансовых и материально-технических затрат, интенсификацию производства целесообразнее добиваться в первую очередь за счет эффективного использования ресурсов и методов ресурсосбережения [16]. Учитывая наличие кормов как один из важнейших факторов, влияющих на производство продукции животноводства, большое значение имеют повышение пищевой ценности грубых кормов при приготовлении кормов и разработка ресурсосберегающих технологий и технических средств в этом направлении [1,2, 12]. Это связано, прежде всего, с большим количеством ресурсов грубых кормов, а также с тем, что каждая операция подготовки корма перед скармливанием является энергозатратной [1,3,5]. Одним из важных факторов является то, что некоторые технологии приготовления кормов, в том числе производство пеллет и

брикетов на основе прессования [2,3,8], требуют наличия дополнительных технических средств и оборудования с большой металлоемкостью и финансовой мощностью. Несмотря на все это, данное оборудование, входящее в состав кормового цеха, не может обеспечить качество приготовления кормов, соответствующее зоотехническим нормам [6,8]. Корма следует готовить таким образом, чтобы они быстро усваивались организмом животного. Обработка дрожжей состоит из двух основных операций: гидролиза (сахаризации) и ферментации (брожения). Гидролиз соломы происходит в течение часа под действием пара и кислоты. В результате образуется 1...3% простого сахара. Процесс брожения засахаренной соломы занимает 3 часа. В ходе гидролиза щетина размягчается и обогащается белком. Годовалый скот съедает в день 15-20 кг обработанной соломы, молодняк - 5-10 кг. Опыт многих хозяйств показывает, что обработка соломы дрожжами приводит к повышению производительности молочного коровника на 20...25 % [10].

Химические реагенты, используемые для гидролиза, бактериальные дрожжи и т.п. Существуют разные методы работы с дрожжами [12,14,18].

Однако для всех способов характерна сложность технологии и необходимость большого количества ручного труда. Крайне сложно создать условия для использования целлюлозы микроорганизмами, эффективного преобразования лигноцеллюлозы в пищу.

По данным, полученным этим методом [15], белок, полученный этим методом, стоит дорого, хотя и уступает по качеству белку зеленого растения. По этой причине обработка соломы дрожжами не получила широкого распространения на практике.

Как уже говорилось выше, обработка биологическим методом не дает очень высоких результатов, она технологически сложна, требует большого труда и большой производственной площади.

Основной недостаток принципа биологической переработки заключается в том, что ферменты используют (гидролизуют) только удобную для них целлюлозу, целлюлозно-лигниновый комплекс остается неразрушенным, не

способствует выделению целлюлозы, а лишь повторяет пищеварительную функцию жвачных животных. желудка.

Физическая обработка, основанная на поглощении массы быстрым потоком электронов [5,9,16,17], по своей сути близка к химической обработке. Однако химические реагенты в настоящее время не используются. Основным недостатком этих методов является сложность используемого оборудования (шаровые мельницы, ускорители и т. д.), а также недостаточная изученность влияния таких приготовленных кормов на животное. При использовании достаточно высокой энергии для воздействия без химических реагентов остаются активные центры (радикалы), воздействие которых на организм животного может иметь нежелательные последствия. Кроме того, обработка материала в жестких режимах может привести к образованию фурфурола.

**Цель исследования.** обосновать технологию и оборудование повышения пищевой ценности соломы по законам электротермохимического процесса..

**Объект исследования.** В качестве объекта исследования была взята солома злаковых растений как экспериментальное устройство, работающее электрохимическим методом.

**Метод исследования.** При проведении исследовательской работы были проанализированы теории электрических цепей, которые являются основой теории электрических машин, а также силовой преобразовательной техники.

**Результаты исследования.** Хотя электротехнологическая обработка соломы является достаточно эффективным методом повышения кормовой ценности, все ее возможности еще не реализованы в полной мере [1,2,13]. Установлено, что электрический ток является сложным технологическим фактором [11, 16] и оказывает термическое, электрофизическое и биологическое воздействие на обрабатываемую пожнивную массу. Действие тока зависит от его параметров: частоты, амплитуды, формы, пористости и физико-химического состояния обрабатываемого материала.

Параметры тока связаны с его тепловым и нетепловым воздействием на

разных уровнях: изменяя первое, можно усилить второе, что влияет на энергетическую емкость процесса. Однако экспериментально определить тепловое и нетепловое воздействие тока невозможно. Поэтому можно считать целесообразным оптимизировать параметры, входящие в действующую (общую) систему по тому или иному эффекту, путем установления и использования схемы замены рабочего материала.

Необходимо определить влияние на них электрического тока и сущность процесса, рассматривая его в процессе физико-химической обработки соломы. По существующим представлениям [5,7,10] повышение пищевой ценности соломы связано с физико-химическими преобразованиями растительной ткани. Это возможно либо путем применения высокой температуры и давления без применения химических средств, либо с применением химических средств [1].

В мировом опыте широко распространено более щелочное воздействие. Химические превращения при обработке сажки связаны с концентрацией реагента. Скорость гетерогенной химической реакции следующая::

$$v = K_0 C^S S \exp\left(-\frac{W}{RT}\right), \quad (1)$$

Где  $K_0$  - константа скорости реакции;

$C^S$  - концентрация химического реагента на реакционной поверхности, кг;

$S$  - площадь реакционной поверхности, м<sup>2</sup> ;

$W$  - энергия активации реакции, Соул;

$T$  - температура обработки, °С;

$R$  - универсальная газовая постоянная, R=8,31 Кул/°С.моль.

Концентрация реагента на реакционной поверхности зависит от его поступления в эту зону [2,9]. Поток определяется градиентом концентрации, температурой и градиентом потенциала при создании электрического поля. Для упрощения математического выражения в условиях электротехнологической обработки, если не учитывать температурный градиент, изменение

концентрации химического реагента  $i$  в любом сечении можно выразить следующей формулой:

$$\frac{\partial C_i}{\partial \tau} = D_i \nabla^2 C_i + u_i \frac{z_i}{|z_i|} (C_i \nabla^2 \varphi + \text{grad} \varphi \text{grad} C_i), \quad (2)$$

где  $C_i$ ,  $D_i$ ,  $u_i$ ,  $z_i$  - концентрация, коэффициент диффузии, электролитическая подвижность, заряд  $i$ -иона химического реагента соответственно;

$\varphi$ - потенциал внешнего поля, Вг-сек;

$\tau$ - текущее время от начала реакции, сек

Примем следующие пренебрежимо малые условия: диффузия происходит за счет изменения концентрации в зоне реакции; концентрация ионов в исходном растворе  $C_0$ ; при приложении электрического поля за счет усиления диссоциации концентрация ионов увеличивается до  $C_0 = C_0 K_1 \text{grad} \varphi$ , время реакции сохраняется на этом уровне в условиях  $x \rightarrow \infty$  (начало отчета  $x$  совпадает с границей двух шести слоев, ориентированных по нормали к реакционной поверхности); массовый расход определяется скоростью реакции, которая, в свою очередь, зависит от концентрации  $C_0$  - и процесса миграции.

С учетом вышеизложенного граничные условия для формулы (2) имеют вид:

можно записать как:

$$\left. \begin{aligned} x > 0, \tau = 0, C = C_0; \\ x \rightarrow \infty, \tau > 0, C = C_0 K_1 \text{grad} \varphi = K_{01} \sin \omega t; \\ x = 0, \tau > 0, \frac{dC}{dx} = K_c \pm B \sin \omega t \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где  $\omega$  - угловая скорость изменения электрического потенциала,

Применяя преобразование Лапласа и используя параметр  $u = L \{C\}$ , получаем следующий вариант уравнения (2):

$$D = \frac{d^2 u}{dx^2} + A_r \frac{du}{dx} - pu = C'_0, \quad (4)$$

где  $A_T = u_i \frac{z_i}{|z_i|} \text{grad}\varphi$ ;

$K_1, K_{01}, K, B$  - коэффициенты, учитывающие зависимость концентрации и ее градиента от нарастания диссоциации в постоянном и изменяющемся электрическом поле соответственно;

$p$  - оператор Laplaca.

После некоторых оборотов граничные условия будут следующими::

$$\left. \begin{aligned} x > 0, \tau = 0, u &= pu - C'_0; \\ x \rightarrow \infty, \tau > 0, u &= \frac{C'_0}{p}; \\ \left( \frac{du}{dx} \right)_{x=0} &= K + \frac{B}{D(p^2 + \omega^2)}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Уравнение (4) представляет собой неоднородное дифференциальное уравнение второй степени. Общее решение следующее:

$$u(x, \tau) = C_1 e^{K_1 x} + C_2 e^{K_2 x} + \frac{C'_0}{p}, \quad (6)$$

$$\text{здесь } K_{1,2} = \frac{A_T \pm \sqrt{A_T^2 + 4Dp}}{2D} = N \pm M\sqrt{p}.$$

здесь  $A_T$  – градиент подвижности электронов;

$p$ - оператор Laplaca;

$\omega$ - угловая скорость изменения электрического потенциала, сек<sup>-1</sup>.

Поскольку функция  $u(x, \tau)$  ограничена в силу начальных условий, то если применить теорему Барреля и исключить малые количества второго порядка и выше, то концентрацию реагента в плоскости реакции можно выразить как:

$$\begin{aligned} C^S = C(0, r) &= C'_0 - \frac{2DMKC'_0}{\sqrt{\pi\tau^{3/2}}} + \frac{DMKC'_0}{\sqrt{\pi\tau}} + \left( \frac{1}{a^3} - \frac{2DMKC'_0}{a} \right) ea^2 \text{erfc}(a_1 \sqrt{\tau}) + \\ &+ \frac{2B\omega M \sqrt{\pi}}{D\sqrt{\omega}} (\sin \omega\tau - \cos \omega\tau) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\text{здесь } a = \frac{N}{M}; a_1 = \frac{N}{M} - K;$$

$D$ - показатель диффузии;

$MK$ - коэффициенты зависимости стопки (концентрации) ионов от усиления диссоциации в электрическом поле;

$\tau$ - текущее время с момента начала реакции, сек.

подставим значение  $CS$  и значения  $K, M, N, a, a_1$  в формулу (1) и если учесть, что электрическое поле реакционной поверхности зависит от параметров  $S=S_0K_0Igrad\varphi$ , то можно получить известное нам уравнение технологического эффекта электрического тока при переработке кормов.

Однако в реальных системах следует учитывать, что часть общего тока будет замкнута всеми жидкостными мостиками и не будет участвовать в процессе химического взаимодействия. Кроме того, из-за специфической адсорбции и локального ионного накопления химического реагента в зоне реакции, а также неравномерной подвижности их и продуктов реакции происходит скачок потенциала  $\Delta\psi$ . Внешнее поле вызывает деформацию этого потенциала.

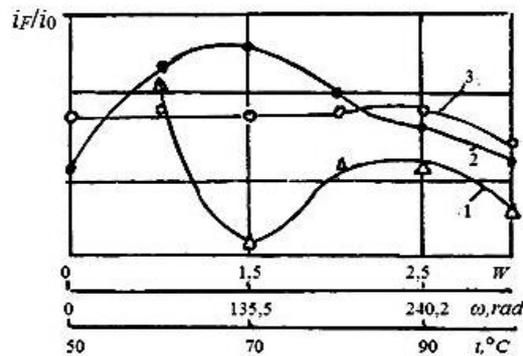


Рис. 1. Теоретические зависимости отношения силы тока химического воздействия к полной силе тока ( $i_F/i_0$ ) от изменения модуля затухания ( $W$ ), угловой скорости тока питающей сети ( $\omega$ ) и температуры ( $t$ ):

1-  $i_F/i_0=f(W)$ ; 2-  $i_F/i_0=f(\omega)$ ; 3-  $i_F/i_0=f(t)$ .

По программе в зависимости от частоты и формы тока питающего источника определяется соотношение сил тока  $i_F/i_0$ , модуль влажности и рабочая

температура. Полученные результаты изображены на рисунке 1. Анализ этих кривых позволяет прогнозировать диапазон изменения параметров воздействующих факторов и степень влияния на эффективность технологического процесса. Точность теоретических результатов, полученных на компьютере, была проверена экспериментальными исследованиями.

По рисунку 1 принципиально можно сказать, что отношение силы тока химического воздействия к полной силе тока имеет тенденцию к изменению в зависимости от угловой скорости тока и энергии активации реакции и поэтому имеет экстремум. Таким образом, отношение силы тока химического воздействия к полной силе тока имеет максимальное значение при энергии активации реакции  $W=1,5$  и минимальное значение при значении угловой скорости тока  $\omega=135,6$  рад. $\Delta\psi$

**Выводы.** В этом исследовании отношение силы тока химического воздействия к полной силе тока имеет тенденцию к уменьшению, начиная со значений энергии активации реакции  $W=2,5$ , угловой скорости тока  $\omega=249,2$  рад и температуры процесса  $t=90^\circ\text{C}$ .

#### Список источников

1. Ерёмин Л. М. (2003). О роли локальных источников небольшой мощности на рынке электроэнергетики / Л. М. Ерёмин // Энергетик. № 3. – стр.22–24.
2. Сибгатуллин А. Р. (2016). Оптимизация состава оборудования на основе возобновляемых источников энергии в системах электроснабжения автономных потребителей небольшой мощности /А.Р. Сибгатуллин, В.В. Елистратов//Международный научный журнал -«Альтернативная энергетика и эко-логия». № 23–24. – стр. 51–67.
3. Даус Ю.В. (2021). Об оценке валового потенциала солнечной энергии на сельских территориях / Ю. В. Даус, И. В. Юдаев // АгроЭкоИнженерия. – № 2 (107). – стр 4–13.

4. В. В. Денисов. (2015). Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии : учеб.пособие /под ред. В. В. Денисова. Ростов н/Д: Феникс,382 с.
5. Уделов С.И. (2007). Возобновляемые источники энергии: Учебник/ Новосибирск: Изд-во НГТУ, – 432 с.
6. Энергетическое оборудование для использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии./Под ред. В.И.Виссарионова. – М.: «ВИЭН», 2004. – 448 с.
7. Григораш О.В. (2006). Автономные инверторы солнечных фотоэлектрических станций сельскохозяйственных потребителей / О.В.Григораш, Ю. П. Степура, С.М. Пятикопов // Механизация и электрификация с.х. – № 1 – стр. 11–12.
8. Григораш О. В. (2008). Автономные инверторы модуляционного типа : монография / О. В. Григораш, Ю.П. Степура, С.В. Божко,А.М. Передистый // КубГАУ. – Краснодар, – 187 с.
9. P.G. Barbosa et al. (2006). Boost current multilevel inverter and its application on single-phase grid-connected photovoltaic systems IEEE Trans Power Electron
10. M. Armstrong et al. Auto-calibrating dc link current sensing technique for transformerless, grid connected, H-bridge inverter systems IEEE Trans Power Electron (Sep. 2006)
11. L. Asiminoaei et al. (2005). Implementation and test of an online embedded grid impedance estimation technique for PV inverters IEEE Trans Ind Electron
12. B.M.T. Ho et al. (Jul. 2005)An integrated inverter with maximum power tracking for grid-connected PV systems IEEE Trans Power Electron
13. T.J. Liang et al. (2001)Single-stage photovoltaic energy conversion system Proc Inst Elect Eng
14. Y. Chen et al. (Sep. 2004)A cost-effective single-stage inverter with maximum power point tracking IEEE Trans Power Electron

15. F. Blaabjerg et al. (Sep. 2004) Power electronics as efficient interface in dispersed power generation systems IEEE Trans Power Electron
16. R.M.Haciyev, R.A.Saidov, G.B.Mammadov, U.T.Taghiyev, G. Allahverdiyeva. (2022). Utilization of poultry droppings in terms of non-waste technology/ Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies,/3 (10 (117)), pp.37- 46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.258493>
17. R. M. Haciyev, R. A.Saidov, G.B.Mammadov, U.T.Taghiyev, G. Allahverdiyeva. (2022). Analysis of the main design and operating parameters of the device for the fermentation of bird droppings / EUREKA: Physics and Engineering, 5, 00–00. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002306> link\_1 or link\_2 <https://journal.eu-jr.eu/engineering/issue/view/217>
18. Haciyev, R., Salmanova, K., Mammadov, G., U.T.Taghiyev. (2022) Application of intensive technologies for improved production processes in poultry farms./ Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (1 (118)), pp.90–102. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.262999>

## REFERENCES

1. Eremin L. M. (2003). On the role of local low-power sources in the electric power industry market / L. M. Eremin // Energetik. –No. 3. – pp. 22-24.
2. Sibgatullin A. R. (2016). Optimization of the composition of equipment based on renewable energy sources in power supply systems for autonomous consumers of small capacity /A.R. Sibgatullin, V.V. Elistratov//The international scientific journal is Alternative Energy and Ecology. No. 23-24. – pp. 51-67.
3. Daus Yu.V. (2021). On the assessment of the gross potential of solar energy in rural areas / Yu.V. Daus, I.V.Yudaev //Agroecoengineering. № 2 (107). pp.4-13.
4. V. V. Denisov. (2015). Non-traditional and renewable energy sources: studies.the manual / edited by V. V. Denisov. – Rostov n/A : Phoenix, 382 p.
5. Udelov S.I. (2007). Renewable energy sources: Textbook/ Novosibirsk: NSTU Publishing House, – 432 p.

6. Energy equipment for the use of non-traditional and renewable energy sources./Edited by V.I.Vissarionov. – M.: "VIEN", 2004. – 448 p.
7. Grigorash O.V. (2006). Autonomous inverters of solar photovoltaic stations of agricultural consumers / O.V. Grigorash, Yu.P. Stepura, S.M. Pyatikopov // Mechanization and electrification of agricultural enterprises No. 1 – pp. 11-12.
8. Grigorash O. V. (2008). Autonomous inverters of the modulation type : monograph / O. V. Grigorash, Yu. P. Stepura, S. V. Bozhko, A.M. Peredisty // KubGAU. – Krasnodar, – 187 p.
9. P.G. Barbosa et al. (Jul. 2006)Boost current multilevel inverter and its application on single-phase grid-connected photovoltaic systems IEEE Trans Power Electron
10. M. Armstrong et al. (Sep. 2006)Auto-calibrating dc link current sensing technique for transformerless, grid connected, H-bridge inverter systems IEEE Trans Power Electron
11. L. Asiminoaei et al. (Aug. 2005)Implementation and test of an online embedded grid impedance estimation technique for PV inverters IEEE Trans Ind Electron
12. B.M.T. Ho et al. (Jul. 2005)An integrated inverter with maximum power tracking for grid-connected PV systems IEEE Trans Power Electron
13. T.J. Liang et al. (2001)Single-stage photovoltaic energy conversion system Proc Inst Elect Eng
14. Y. Chen et al. (Sep. 2004)A cost-effective single-stage inverter with maximum power point tracking IEEE Trans Power Electron
15. F. Blaabjerg et al. (Sep. 2004)Power electronics as efficient interface in dispersed power generation systems IEEE Trans Power Electron
16. R. M. Hacıyev, R.A.Saidov, G.B.Mammadov,U.T.Taghiyev,G. Allahverdiyeva. (2022). Utilization of poultry droppings in terms of non-waste technology/ Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies,/3 (10 (117)), pp.37- 46. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061..258493>

17. R. M. Hacıyev, R.A.Saidov, G.B.Mammadov, U.T.Taghiyev, G. Allahverdiyeva. (2022). Analysis of the main design and operating parameters of the device for the fermentation of bird droppings / EUREKA: Physics and Engineering, 5, 00–00. [https://doi.org /10.21303/2461-4262.002306](https://doi.org/10.21303/2461-4262.002306) <https://journal.eu-jr.eu/engineering/issue/view/217>
18. Hacıyev, R., Salmanova, K., Mammadov, G., U.T.Taghiyev. (2022). Application of intensive technologies for improved production processes in poultry farms./ Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4 (1 (118)), pp.90–102. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.262999>

© Алиев Б.М., Сулейманова Н.М., Мамедова С.О., 2024. *International agricultural journal*, 2024, №2, 611-625.

**Для цитирования:** Алиев Б.М., Сулейманова Н.М., Мамедова С.О. Моделирование электрохимической обработки соломы //International agricultural journal. 2024. №2, 611-625.