

УДК: 621.38

 10.5281/zenodo.13825412

## ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЙ ВЛАЖНОСТИ СРЕДЫ К СИСТЕМАМ FRID ТЕХНОЛОГИИ



**Хамзаев Дилшод Иномджонович**

Ведущий инженер системный администратор, АО "Farg'onaazot", Фергана, Узбекистан

E-mail: loed666@gmail.com

ORCID ID: 0009-0003-3815-5606

**Аннотация.** В статье рассматривается изучению воздействия влажности среды на FRID технологии. Анализируются последствия воздействия влажности на функционирование и надежность FRID технологии, исследуются методы защиты от негативных влияний влаги. Исследование явлений направления электромагнитного излучения посредством применения системы двух колебательных контуров. В ходе анализа установлена зависимость внешней среды и дальностью к функционированию технологии RFID, с помощью создания теоретической модели явления с применением дифференциальных уравнений в частных производных от многих переменных и множественных степеней. В результате выведены две формулы, устанавливающие зависимость от дальности действия RFID-технологии от фактора влажности среды.

**Ключевые слова:** RFID-технология, RFID метка, фактор влажности, природное воздействие, дифференциальное уравнение, формула Томпсона.

## RFID TEXNOLOGIYASI TIZIMLARIGA ATROF-MUHIT NAMLIGINING TA'SIRINI O'RGANISH

**Hamzayev Dilshod Inomjonovich**

Bosh muhandis tizim administratori, AJ "Farg'onaazot", Farg'ona, O'zbekiston

**Аннотация.** Мақоллада атроф-муҳит намлигининг RFID-технологиясига та'сiri ko'rib chiqiladi. Namlikning RFID-технологиясининг ишlashи va ishonchliligiga ta'siri tahlil qilinadi, namlikning salbiy ta'siridan himoya qilish usullari o'rganiladi. Ikki tebranish zanjiri tizimidan foydalanish orqali elektromagnit nurlanish yo'nalishi hodisalarini o'rganish. Tahlil tashqi muhit va diapazonning RFID-технологиясининг ишlashига bog'liqligini, ko'p o'zgaruvchilar va bir nechta kuchlarning qisman differensial tenglamalaridan foydalangan holda hodisaning nazariy modelini yaratish orqali aniqlandi. Natijada, RFID-технологияси diapazonining атроф-муҳит намлиги omiliga bog'liqligini aniqlaydigan ikkita formulalar olingan.

*Kalit soʻzlar: RFID-texnologiyasi, RFID-yorligʻi, namlik omili, tabiiy taʼsir, differensial tenglama, Tompson formulasi.*

## STUDY OF THE EFFECTS OF ENVIRONMENTAL HUMIDITY ON FRID TECHNOLOGY SYSTEMS

*Hamzaev Dilshod Inomjonovich*

*Leading engineer, system administrator, JSC "Farg'onaazot", Fergana, Uzbekistan*

**Abstract.** *The article deals with the study of the impact of environmental humidity on FRID technology. The consequences of the impact of humidity on the functioning and reliability of FRID technology are analysed, methods of protection from negative effects of moisture are investigated. The study of the phenomena of electromagnetic radiation direction through the use of a system of two oscillating circuits. In the course of the analysis, the dependence of the external environment and range to the functioning of RFID technology is established, by creating a theoretical model of the phenomenon using partial differential equations in partial derivatives of many variables and multiple degrees. As a result, two formulas are derived that establish the dependence of the range of RFID technology on the humidity factor of the environment.*

**Keywords:** *RFID: RFID technology, RFID tag, moisture factor, natural effects, differential equation, Thompson's formula.*

**Введение.** RFID-технология применяется в различных областях промышленности при учёте, инвентаризации и перемещении продукции. В многих из таких случаев, важно обозначение каждой единицы такой продукции при помощи определённой системы маркировки, к которым относится система идентификации RFID. Маркировка RFID-технологии основана на принципе передачи данных с определённой величиной переменной амплитуды на расстояние с помощью колебательного контура (ридера) – устройства для передачи и считывания электромагнитного сигнала. Передающие электромагнитные излучения принимаются RFID-меткой или RFID-тегом, принимающий при помощи своего колебательного контура электромагнитное излучение и вводящий в него данный из памяти встроенное чипа, после чего

сигнал направляется обратном направлении.

Влажность и пыль могут повлиять на качество связи между считывателем и метками, особенно в условиях высокой влажности или пыльной среды. Для защиты устройств используются влагозащитные и пылезащитные корпуса.

Во время передачи информации с помощью электромагнитного сигнала, который затухает по мере отдаления от ридера, преобразуется на обратном пути имея переменную амплитуду, оставаясь с постоянной частотой, но при этом переменная величина амплитуды компенсируется на протяжении всей волны. Этот эффект обеспечивает в ходе исследования с целью определения расстояние действия RFID-технологии пренебрегать информацией, которую электромагнитная волны заключает в себе.

На основе приведенного текста можно выделить несколько ключевых аспектов:

- Исследование электромагнитной волны: фокусируется на использовании электромагнитных волн с определенными характеристиками, игнорируя при этом информацию в несколько килобайт, что может быть важным для более глубокого понимания.

- RFID-технологии в промышленности: Определение масштабов применения RFID-технологий, что указывает на необходимость их эффективного функционирования в разнообразных условиях.

- Влияние погодных и природных условий: Учет различных факторов, таких как температура, влажность и другие параметры, подчеркивает сложность исследований и их актуальность.

Таким образом, исследование в данной области имеет высокую значимость и потребует тщательного анализа всех переменных.

**Исследование.** В исследовании системы RFID, использующей радиоволны УВЧ-диапазона (860-960 МГц), важно понимать роль электромагнитной волны как носителя информации.

Во время действия электромагнитного излучения из колебательного контура ридера в сторону RFID-метки с частотой 860 МГц наблюдается следующее:

1. Мощность излучения составляет порядка 60 Вт, но она уменьшается при распространении. Это влияет на дальность действия RFID-меток.

2. Для определения выражений для дальности действия RFID-меток следует учитывать:

- Зависимость от энергии  
 - Влияние показателей среды, таких как влажность и температура

$$r(v, T, t) = -(7.508802646e^{0.024190246v} + 430.1568771e^{-0.024190246v}) * (-1.006656628e^{0.125677492T} + 915.1687975e^{-0.125677492T}) * \left( \frac{2r_m 0, e^{255968748} \cosh(0.127984374vt)}{1 - e^{0.255968748}} \right) \quad (1)$$

Где,  $v$ -влажность среды,

$T$ -температура среды,

$v$ -скорость электромагнитного излучения в среде,

$t$ -время прохождения излучения.

$$r(v, T, t) = vt \Rightarrow t = \frac{r(v, T, t)}{v} \quad (2)$$

$$E = E_m e^{-at} \cos(\omega t - kr + \alpha) \quad (3)$$

$$\Delta E = E(0) - E(t) =$$

$$= (E_m \cos(kr + \alpha) - E_m e^{-at} \cos(\omega t - kr + \alpha)) =$$

$$= \left( E_m \cos(kr + \alpha) - E_m e^{-at} \cos\left( w \frac{r(v, T, t)}{v} - kr + \alpha \right) \right)$$

$$=$$

$$= \left( E_m \cos(kr + \alpha) - \left( 7.508802646e^{0.024190246v} + 430.1568771e^{-0.024190246v} \right) * \left( -1.006656628e^{0.125677492T} + 915.1687975e^{-0.125677492T} \right) * \left( \frac{2r_m 0, e^{255968748} \cosh(0.127984374vt)}{1 - e^{0.255968748}} \right) \right) \quad (4)$$

Важно отметить следующее:

1. Электромагнитное излучение направляется посредством антенны колебательного контура, что позволяет излучению охватывать большую часть мнимой внешней сферы.

2. В качестве источника электромагнитного излучения выступает электромагнит. Этот процесс ведет к большим потерям энергии, так как имеющаяся энергия в ридере распределяется между всеми векторами электромагнитного поля.

3. При таком распределении энергии, каждая из её компонент тратит часть своей энергии во время преодоления расстояния до RFID-метки. Это сокращает расстояние, на котором величина

их энергии становится равной минимальной, по сравнению с ситуацией, когда луч был бы направлен в одну сторону, к заранее определённой RFID-метке.

По этой причине была выбрана технология создания направленного электромагнитного излучения:

1. Используется фактор направленности – металлическая полая труба с тонкими стенками, которая экранирует другие направления электромагнитной волны и направляет её в одну определённую сторону.

2. Однако важно отметить, что явление экранирования также будет иметь место. При установке даже тонкой, но замкнутой трубки перед колебательным контуром ридера, возникнут токи Фуко.

3. Эти токи Фуко приведут к потерям мощности, что может негативно сказаться на эффективности работы системы.

$$P = \frac{\pi^2 B^2 d^2 f^2}{6k\rho D} \quad (5)$$

Где,  $B$ -максимальная величина вектора магнитной индукции,

$d$ -толщина экранирующей трубки,

$f$ -частота электромагнитного излучения,

$k$ -константа, равная 1 для тонкого листа и 2 для тонкой проволоки,

$\rho$ -удельное сопротивление материала трубки,

$D$ -плотность экранирующей трубки.

Для исследования настоящего эффекта был проведён эксперимент:

1. Получены определённые результаты с использованием некоторых зна-

чальных данных для теоретического расчёта.

2. Среди показанных данных, согласно изначальным параметрам системы:

- Минимальная амплитуда магнитной индукции в катушке RFID-метки составила 5,164641625 нТл.

- Максимальная амплитуда магнитной индукции в катушке ридера составила 24,596 нТл.

3. Применяемые направители:

- Трубчатый пластиковый направитель: диаметр 50 мм, толщина 2 мм.

- Железный направитель: диаметр 55 мм, толщина 4 мм.

- Алюминиевый направитель: диаметр 52 мм, толщина 1 мм.

- Медный направитель: диаметр 52 мм, толщина 1 мм.

Эти данные позволили оценить влияние различных материалов и геометрии направителей на величину магнитной индукции в системах RFID. Использование алюминиевого направителя, при указанном максимуме вектора магнитной индукции, при толщине трубки 1 мм, частоте электромагнитной волны 870 МГц, при сопротивлении  $2,87 \cdot 10^{-8}$  Ом\*м и общей экранирующей трубки в  $2712 \text{ кг/м}^3$  и определим потери мощности.

$$P_0 = \frac{\pi^2 B^2 d^2 f^2}{6k\rho D} = \frac{3,14^2 * (5,164641625 * 10^{-9})^2 * 10^{-4} * (8,6 * 10^8)^2}{6 * 1 * 2,87 * 10^{-8} * 2712} = 41,6498794414 \text{ Вт} \quad (6)$$

Соответствует действительности и определена в качестве потерь от создания вихревых токов в алюминиевом направителе, железном и медном, демонстрируя это в экспериментах (Таблица 1,2,3) (Рис. 1,2,3).

*Таблица-1.*

**Данные определения дальности действия в первом случае**

Материал	Длина, см	Дальность, см
Без направителя – 190 см при 3 <sup>0</sup> С и влажности 56%		
Пластик	15	80
	10	55
	5	38
Железо	15	38
	10	33
	5	21
Алюминий	15	38
	10	33
	5	21
Медь	15	38
	10	33
	5	21

*Таблица-2.*

**Данные определения дальности действия во втором случае**

Материал	Длина, см	Дальность, см
Без направителя – 220 см при 12 <sup>0</sup> С и влажности 36%		
Пластик	15	73
	10	70
	5	63
Железо	15	36
	10	30
	5	20
Алюминий	15	43
	10	30
	5	15
Медь	15	44
	10	30
	5	14,9

*Таблица-3.*

**Данные определения дальности действия в третьем случае**

Материал	Длина, см	Дальность, см
Без направителя – 190 см при 10 <sup>0</sup> С и влажности 54%		
Пластик	15	78
	10	54
	5	38
Железо	15	37
	10	33
	5	21
Алюминий	15	41
	10	32
	5	14,5
Медь	15	39
	10	30
	5	14



**Рис.1. Тестирование дальности без фактора направленности.**



**Рис.2. Определение фактора направленности с алюминиевым направителем в 30 см.**



**Рис.3. Определение фактора направленности с алюминиевым направителем длиной в 15 см.**

Из эксперимента и теоретического анализа, видно, что при оказании воздействия при помощи дополнительного трубчатого фактора направленности, экранирование не оказывает отрицательное влияния, сильно уменьшая дальность действия системы. Внося результаты экспериментального и теоретического исследования, полученные выражения для дальности от температуры и влажности (4), можно преобразовать. Вы-

вода слагаемый показатель в следующие

$$E'_m = E_m(W - P) \quad (7)$$

$$E'(t) = E'_m e^{-at} \cos(\omega t - kr + \alpha) \quad (8)$$

$$\Delta E' = E'(0) - E'(t) =$$

$$= \left( -E'_m e^{-at} \cos \left( w \frac{\left( \begin{array}{l} E'_m \cos(kr + \alpha) - \\ - (7.508802646 e^{0,024190246v} + \\ + 430.1568771 e^{-0,024190246v} ) * \\ * (-1.006656628 e^{0,125677492T} + \\ + 915.1687975 e^{-0,125677492T} ) * \\ * \left( \frac{2r_m 0, e^{255968748} \cosh(0.127984374vt)}{1 - e^{0,255968748}} \right) \end{array} \right)}{-kr + \alpha} \right) \right) \quad (9)$$

Таким образом, оптимизация направления излучения может значительно улучшить эффективность работы RFID-систем. Для описания волны можно использовать метод дифференциальных уравнений, который позволяет сформулировать физические явления следующим образом

$$\begin{aligned} r(v, T, t(\Delta E')) = & \\ = - & (7.508802646 e^{0,024190246v} \\ & + 430.1568771 e^{-0,024190246v} ) * \\ * & (-1.006656628 e^{0,125677492T} \\ & + 915.1687975 e^{-0,125677492T} ) * \\ * & \left( \frac{2r_m 0, e^{255968748} \cosh(0.127984374vt(\Delta E'))}{1 - e^{0,255968748}} \right) \quad (10) \end{aligned}$$

Таким и установлена уравнения зависимость от фактора направленности.

**Заключения.** В результате проведенного исследования, было установлено применения направляющих экранирующих металлических направителей при-

водит к образованию вихревых токов. Это в свою очередь, становятся причиной для чрезмерного расхода энергии электромагнитного излучения, а дальность действия RFID-технологии в отрицательном порядке уменьшается. Наглядно видно в экспериментальных и теоретических результатах исследования.

Для преодоления этих проблем с металлическими поверхностями при работе с RFID технологией можно использовать специальные RFID метки, предназначенные для работы на металлических поверхностях, а также добавлять изоляционные материалы между металлом и RFID устройством. Также можно экспериментировать с различными углами расположения устройств для минимизации воздействия металла на сигнал RFID. В результате проведенного исследования, было установлено, что метод применения экранирующих металлических направителей приводит к образованию токов Фуко. Они в свою очередь производят электромагнитные поля, из-за чего негативно влияет на дальность действия RFID-технологии. Об этом свидетельствуют экспериментальные и теоретические результаты исследования.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Потапова К.А. Идентификация данных с помощью RFID-Меток // Вестник науки. – 2023. – №10 (67). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/identifikatsiya-dannyh-s-pomoschu-rfid-metok>.
2. Хамзаев Д.И., Абдурахмонов С.М., Хамзаев И.Х. О процессе маркировки мешков готовой продукции на предприятие АО “Farg’onaazot” // Universum: технические науки. – 2023. – №7–1 (112). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-protssesse-markirovki-meshkov-gotovoy-produktsii-na-predpriyatie-ao-farg-onaazot>.
3. Хамзаев Д.И., Абдурахмонов С.М., Хамзаев И.Х. О современных системах учета и маркировки продукции // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. – 2023. – 12 (117).

4. Хамзаев Д.И., Хамзаев И.Х. Сравнительный анализ между RFID и NFC технологий // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн.* – 2024. – 2 (118). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/>.
5. Хамзаев Д.И., Хамзаев И.Х. структура и технические характеристики rfid метки // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн.* – 2024. –1 (118). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16699>.
6. Хамзаев Д.И. Микрочипы для RFID меток // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2024. 3(120). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17012>.
7. Fatima Hameedat, Bárbara B. Mendes, João Conniot, Leonardo D. Di Filippo, Marlus Chorilli, Avi Schroeder, João Conde & Flávia Sousa. Engineering nanomaterials for glioblastoma nanovaccination. *Nat Rev Mater* (2024). <https://doi.org/10.1038/s41578-024-00684-z>
8. Ming Luo, Alexey Tarasov, Hong Zhang & Junhao Chu. Hybrid perovskites unlocking the development of light-emitting solar cells. *Nat Rev Mater* 9, 295–297 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41578-024-00675-0>
9. Wang, C. Unlocking the potential of ultrahigh-Ni cathodes via epitaxial entropy-assisted coating. *Nat Rev Mater* 9, 303 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41578-024-00686-x>
10. Xia Hu, Zhijia Zhang, Xiang Zhang, Yao Wang, Xu Yang, Xia Wang, Miryam Fayena-Greenstein, Hadas Alon Yehezkel, Steven Langford, Dong Zhou, Baohua Li, Guoxiu Wang & Doron Aurbach. External-pressure–electrochemistry coupling in solid-state lithium metal batteries. *Nat Rev Mater* 9, 305–320 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41578-024-00669-y>
11. Avik Dutt, Aseema Mohanty, Alexander L. Gaeta & Michal Lipson. Nonlinear and quantum photonics using integrated optical materials. *Nat Rev Mater* 9, 321–346 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41578-024-00668-z>
12. Liang Cao; Yingnan Pan; Hongjing Liang; Tingwen Huang. Observer-Based Dynamic Event-Triggered Control for Multiagent Systems With Time-Varying Delay. *IEEE Transactions on Cybernetics*. 2023. Vol. 53, Issue 5.
13. Jingwen Li; Yining Ma; Ruize Gao; Zhiguang Cao; Andrew Lim; Wen Song; Jie Zhang. Deep Reinforcement Learning for Solving the Heterogeneous Capacitated Vehicle Routing Problem. *IEEE Transactions on Cybernetics*. 2022. Vol. 52, Issue 12.
14. Yujuan Wang; Yongduan Song; David J. Hill; Miroslav Krstic. Prescribed-Time Consensus and Containment Control of Networked Multiagent Systems. *IEEE Transactions on Cybernetics*. 2019. Vol. 49, Issue 4.
15. Lei Ding; Qing-Long Han; Xiaohua Ge; Xian-Ming Zhang. An Overview of Recent Advances in Event-Triggered Consensus of Multiagent Systems. *IEEE Transactions on Cybernetics*. 2018. Vol. 48, Issue 4.