JOURNAL OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH
Volume 2, Issue 9, May, 2025 Online ISSN: 3030-3508
https://spaceknowladge.com

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СУШКОЙ ТЕРМОЛАБИЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

Увайзов Саиджон Комилович [1]
[1] *Бухарский государственный технический университет, старший преподаватель*
E-mail: said_komil@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

ИСТОРИЯ СТАТЬИ:
Received:10.05.2025
Revised: 11.05.2025
Accepted:12.05.2025

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
avtomatlashtirish, quritish, termolabil mahsulotlar, PID-regulyator, ATmega mikrokontrolleri, raqamli boshqaruv tizimi, rostlash, harorat, namlik.

АННОТАЦИЯ:

Maqolada ATmega mikrokontrolleri asosida termolabil mahsulotlarni quritish jarayonini avtomatlashtirilgan raqamli boshqaruv tizimi ishlab chiqish usuli yoritilgan. Jarayonning asosiy texnologik parametrlarini — harorat, namlik va material massasini real vaqt davomida nazorat qilish va rostlashni taminlaydigan boshqaruv algoritmi, dasturiy ta'minoti va qolanilgan texnik vositalar haqida ma'lumotlar keltirilgan. Harorat va namlikni o'lchas asboblari, shuningdek, tensometrik datchiklardan foydalanish xususiyatlari hamda adaptiv boshqaruvni tashkil etish uchun PID-regulyatorlarning qo'llanilishi aytib o'tilgan.

Введение. Эффективность и качество процесса сушки термолабильных продуктов напрямую зависит от стабильного поддержания технологических параметров, таких как температура, влажность и масса высушиваемого материала. Традиционные методы управления зачастую не обеспечивают необходимой точности, особенно при работе с продуктами, чувствительными к перегреву или переосушиванию. В связи с этим возрастает актуальность разработки цифровых систем управления, обеспечивающих адаптивный контроль параметров в режиме реального времени. Целью данной работы является создание автоматизированной системы управления процессом сушки термолабильных продуктов на базе контроллера ATmega, включающей алгоритмическое, программное и техническое обеспечение.

Актуальность. Современные технологии сушки термолабильных продуктов требуют высокой точности поддержания температурно-влажностных режимов, так

как отклонения могут привести к снижению качества продукции, потере полезных свойств или перерасходу энергоресурсов. В условиях роста требований к энергоэффективности, безопасности и стандартизации производства особенно актуальны интеллектуальные автоматизированные системы управления, способные работать в реальном времени и адаптироваться к изменяющимся условиям процесса.

Методы. Проектируемая система управления реализована как распределённая цифровая система на базе микроконтроллера ATmega и включает в себя следующие подсистемы: измерения, управления и отображения информации. Алгоритм функционирования (рис.1) системы разработан в виде многоуровневой блок-схемы, включающей пять основных блоков: задание параметров, считывание данных, контроль отклонений, корректировка и отображение результатов.

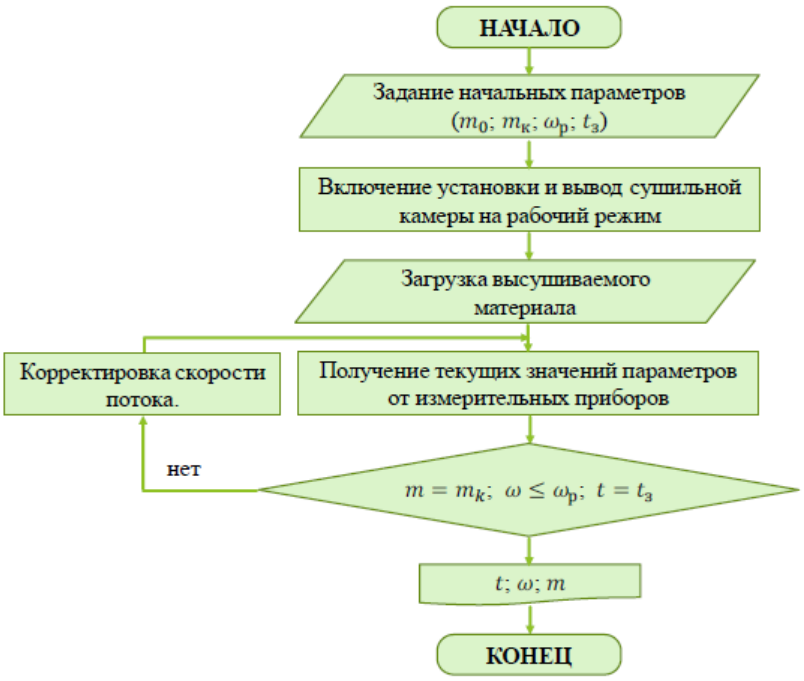

Рис.1. *Алгоритм управления сушильной камерой*

Основные этапы работы алгоритма:

- ввод исходных данных: начальной и конечной массы продукта, равновестной влажности, температуры нагрева.
- запуск сушильной установки и загрузка продукта.
- считывание параметров: температуры, влажности, массы.
- сравнение текущих параметров с заданными.
- корректировка скорости потока и температуры.

- циклический контроль до достижения конечных условий сушки.

Программное обеспечение реализовано на языке программирования С (рис.2). Для регулирования параметров используются ПИД-регуляторы с индивидуально подобранными коэффициентами, а также широтно-импульсная модуляция (ШИМ) для управления вентиляторами и нагревателями.

```
// Чтение значения с датчика температуры
int sensorValue = analogRead(tempPin);
input = sensorValue * (5.0 / 1023.0) * 100.0

// Включение ПИД-регулятора
myPID.Compute();

// Управление насосом через ШИМ
analogWrite(pumpPin, output);

// Отправка данных на монитор для отладки
Serial.print("Temperature: ");
Serial.print(input);
Serial.print(" C, Output: ");
Serial.println(output);
```

```
int t = analogRead( tempPin );
  float tr = 1023.0 / t - 1;
  tr = SERIAL_R / tr;
  Serial.print("R=");
  Serial.print(tr);
  Serial.print(", t=");
  float steinhart;
  steinhart = tr / THERMISTOR_R; // (R/Ro)
  steinhart = log(steinhart); // ln(R/Ro)
  steinhart /= B; // 1/B * ln(R/Ro)
  steinhart += 1.0 / (NOMINAL_T + 273.15);
  steinhart = 1.0 / steinhart; // Invert
  steinhart -= 273.15;
  Serial.println(steinhart);
  if ( (steinhart) > 25.0)
    {
      digitalWrite(Relay1, LOW);
    }
  else
    {
      digitalWrite(Relay1, HIGH);
    }
  if ( (steinhart) < 24.5)
    {
      digitalWrite(Relay2, LOW);
    }
  else
    {
    digitalWrite(Relay2, HIGH);
    }
```

```
// Чтение влажности с датчика
float h = dht.readHumidity();

// Проверка на ошибки чтения
if (isnan(h)) {
  Serial.println("Ошибка чтения с датчика");
  return;
}

input = h;  // Влажность из датчика как вход

myPID.Compute();  // Вычисляем выход ПИД-ре

// Ограничиваем значение скорости вентилято
if (output > 255) {
  output = 255;
}
if (output < 0) {
  output = 0;
}

// Управление вентилятором через PWM
analogWrite(fanPin, output);

// Отправляем данные в сериал монитор для о
Serial.print("Влажность: ");
Serial.print(h);
Serial.print("%  Скорость вентилятора: ");
Serial.println(output);
```

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  scale.begin(DOUT, CLK);
  scale.set_scale(2280.f);  // Устанавливаем ко
  scale.tare();  // Обнуляем вес (для корректно

  Serial.println("Весы готовы к работе");
}

void loop() {
  // Проверяем, доступен ли новый вес
  if (scale.is_ready()) {
    long weight = scale.get_units(10); // Получа
    Serial.print("Вес: ");
    Serial.print(weight);
    Serial.println(" грамм");

    delay(1000); // Задержка 1 секунда
  } else {
    Serial.println("Не удается найти датчик.");
  }
```

Рис.2. *Краткий листинг кода*

Техническое обеспечение включает (рис.3):

- Микроконтроллер ATmega.
- Датчики температуры (DS18B20), влажности (DHT-22), массы (HX711).
- Модули ввода аналоговых сигналов, вывода цифровых и ШИМ-сигналов.
- Промежуточные реле для управления нагревателями.

Система обеспечивает работу в реальном времени, без прерывания управляющих функций при выполнении информационных операций.

Рис.3. *Структурная схема распределенной системы управления сушильной камерой*

Результаты. Созданная система была протестирована на физической модели сушильной камеры. Алгоритм позволил стабильно поддерживать влажность продукта на заданном уровне, корректируя скорость потока сушильного агента и температуру в зависимости от текущих показателей. ПИД-регуляторы показали высокую точность удержания параметров при правильно подобранных коэффициентах. Реализация цикла контроля и коррекции параметров позволила достичь требуемых значений конечной массы и влагосодержания продукта без резких температурных колебаний.

Основные показатели системы:

- Погрешность измерения массы: ≤ 0,5 %.
- Диапазон температур: −10 ÷ +80 °C.
- Управление и сбор данных осуществлялись без задержек благодаря модульной архитектуре и использованию Flash/SRAM памяти контроллера.
- Система успешно регистрировала все параметры в памяти и отображала их в режиме реального времени на терминале оператора.

Обсуждение. Разработанная система отличается высокой точностью, надёжностью и возможностью расширения. Использование микроконтроллера ATmega позволило интегрировать в одном устройстве все необходимые функции: измерение, контроль, регулирование и отображение. В отличие от аналогов, основанных на релейной

логике или ручном управлении, предложенное решение обеспечивает адаптивное управление процессом сушки и минимизацию ошибок, связанных с отклонениями температуры и влажности.

Важным преимуществом системы является модульность: при необходимости можно легко расширить функциональность за счёт подключения дополнительных датчиков или исполнительных механизмов. Предусмотрена возможность интеграции в локальные и сетевые интерфейсы, а также реализация удалённого мониторинга и управления.

Заключение. Представленная работа демонстрирует успешную реализацию автоматизированной цифровой системы управления сушкой термолабильных продуктов на основе микроконтроллера ATmega. Система обеспечивает стабилизацию параметров в реальном времени, адаптивное регулирование технологических условий и регистрацию всех данных. Разработанный подход может быть рекомендован для применения в агропромышленных и пищевых производственных комплексах.

Список литературы:

1. QOBILOV, H., & RUSTAMOV, A. A. O. G. L. (2025). OLIY TA'LIM TIZIMIDAGI PEDAGOG-XODIMLARNI KPI BO'YICHA FAOLIYATINI NAZORATLOVCHI AXBOROT TIZIMINI SUN'IY INTELLEKT ELEMENTLARI YORDAMIDA TAKOMILLASHTIRISH. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, *2*(2), 309-312.

2. QOBILOV, H., & RUSTAMOV, A. A. O. G. L. (2025). JAMOAT TRANSPORTIDA MANZILGA MOS GRAFIGI VA CHIPTANI HISOBLASH HAMDA TEKSHIRISH AVTOMATLASHTIRILGAN TIZIMI. *PEDAGOGIK TADQIQOTLAR JURNALI*, *2*(2), 253-255.

3. Ramazon o'g'li, I. S., Sayidovich, N. M., Xalilovich, Q. H., & Nasillo o'g'li, S. A. (2024). SUYUQ SHISHADAN NATRIY SILIKAT PENTAGIDRAT ISHLAB CHIQARISHNI KRISTALLANISH JARAYONINI IMITATSION MODELI. *YANGI O 'ZBEKISTON, YANGI TADQIQOTLAR JURNALI*, *1*(3), 128-134.

4. Kobilov, K., & Sharipova, N. (2024). Systematic analysis of briquette mass pressing equipment approach. *YASHIL IQTISODIYOT VA TARAQQIYOT*, *2*(9).

5. Nasillo o'g'li, S. A. (2023). COMPUTER MODELING OF SHELL-TUBE HEAT EXCHANGER DEVICE IN OIL REFINING TECHNOLOGICAL SYSTEM. *Ethiopian International Journal of Multidisciplinary Research*, *10*(11), 338-343.

6. Ibragimov, U. M., Qobilov, H. X., & Ismoilov, R. R. (2023). SABZAVOTLARNI SARALASH JARAYONIDA TRANSPORTYOR LENTANING SABZAVOT OG

‘IRLIGIGA BARDOSHLILIGINI SOLIDWORKS CAD/CAM/CAE TIZIMI SIMULIYATSIYASI ORQALI TEKSHIRISH. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, *3*(4), 438-445.

7. Jo‘Rayev, X. F., Qobilov, H. X., & Jo‘Rayev, M. T. (2023). KO ‘MIR YOQILG ‘ISI TUTUNINI TOZALSH JARAYONIDAGI QURILMA DETALLARINI (CAD/CAM/CAE) TIZIMIDA YARATISH VA SIMULYATSIYALASH. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, *3*(4), 474-481.

8. Abidov, K. Z., Qobilov, H. X., & Isroilov, A. A. (2023). SELLYULOZA-QOG ‘OZ SANOATIDA QOG ‘OZ POLOTNOSINI QURITISH TEXNOLOGIK JARAYONINIDAGI USKUNANING DETALINI SOLIDWORKS (CAD CAM CAE) TIZIMIDA YARATISH. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, *3*(4), 686-692.

9. Qobilov, H. X., & Raxmonkulova, X. O. (2023). ANALYSIS OF THE PROCESS OF COMBINED DRYING OF TOMATO SEEDS. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, *3*(9), 72-78.

10. Kobilov, K. (2022, December). Laboratory research of coal briquette quality indicators. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1112, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.

11. Абдурахмонов, О. Р., & Юлдашев, Х. М. (2022). ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ ФУЗАЛОВУШКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРЕССОВОГО ХЛОПКОВОГО МАСЛА. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (4), 19-21.

12. Kobilov, K., Abdurakhmonov, O., Sharipova, N., & Adizova, M. (2021, September). Development of the installation device pressing the volume of briquetted material and computer modeling of the technological process. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 839, No. 4, p. 042092). IOP Publishing.

13. Ўктамова, Ш. Ҳ., & Қобилов, Ҳ. Х. (2021). ОЛИЙ ТАЪЛИМДА ТАЛАБАЛАРНИНГ ШАХСИЙ-КРЕАТИВ КОМПЕТЕНЦИЯСИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ ОМИЛЛАРИ. *Scientific progress*, *2*(5), 327-329.

14. Абдурахмонов, О. Р., Усмонов, А. У., Кобилов, Х. Х., & Буронов, С. А. (2021). МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ УГОЛЬНОГО БРИКЕТА С ПРИМЕНЕНИЕМ БИООРГАНИЧЕСКИХ СВЯЗУЮЩИХ. In *ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ* (pp. 48-53).

15. Абдурахмонов, О. Р., Салимов, З. С., & Сайдахмедов, Ш. М. (2016). Рациональная технология ректификации нефтегазоконденсатной смеси с использованием углеводородных отпаривающих агентов. *Технологии нефти и газа*, (3), 3-6.

16. Абдурахмонов, О. Р., Салимов, З. С., & Сайдахмедов, Ш. М. (2016). Рациональная технология ректификации нефтегазоконденсатной смеси с

использованием углеводородных отпаривающих агентов. *Технологии нефти и газа*, (3), 3-6.

17. Ibragimov, U. M., & Xalilov, F. V. (2024). AVTOMOBILLARNI AVARIYALI HOLATINI OLDININI OLISHNI AVTOMATLASHTIRISH VA AKT YORDAMIDA BOSHQARISH LABORATORIYA QURILMASINI TAYYORLASH TAJRIBASI. *JOURNAL OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH*, *1*(2), 72-79.

18. Ibragimov, U. M., & Imomov, B. M. (2024). SEYSMOAKTIVLIKNI ANIQLASH VA OGOHLANTIRISH LABORATORIYA QURILMASINI TAYYORLASH TAJRIBASI. *JOURNAL OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC RESEARCH*, *1*(1), 319-328.

19. Ibragimov, U. M., & Imomov, B. M. (2023). Harrington's generalized desirability function for comparative analysis. *Buxoro muhandislik-texnologiya instituti Konferensiya*, 362-363.

20. Ибрагимов, У., & Имомов, Б. (2023). Свойства замкнутости класса кс-языков. *Евразийский журнал академических исследований*, *3*(10), 339-343.

21. Khudaykulov, A., Isabaev, I., Rakhmonov, K., Djuraeva, N., & Ibragimov, U. (2023). Features of flax seeds and their use in the production of “Tahini”. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 381, p. 01094). EDP Sciences.

22. Ibragimov, U. M., Qobilov, H. X., & Ismoilov, R. R. (2023). SABZAVOTLARNI SARALASH JARAYONIDA TRANSPORTYOR LENTANING SABZAVOT OG ‘IRLIGIGA BARDOSHLILIGINI SOLIDWORKS CAD/CAM/CAE TIZIMI SIMULIYATSIYASI ORQALI TEKSHIRISH. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, *3*(4), 438-445.

23. Гуляев, Р. А., Ибрагимов, У. М., & Исмойилов, Ҳ. Б. (2023). Элементы автоматизации как помощники цифровизации агропромышленности. *Science and Education*, *4*(3), 282-287.

24. Ibragimov, U. M. (2022). ARCHITECTURE FOR BUILDING THE SYSTEMS OF STORAGE AND ANALYSIS OF BIG DATA. *Экономика и социум*, (5-1 (96)), 205-208.

25. Gulyaev, R. A., Ibragimov, U. M., & Ismoyilov, H. B. (2022). The use of BIG DATA processing in a digitalized agro-industry system. *Journal: INTERNATIONAL BULLETIN OF APPLIED SCIENCE AND TECHNOLOGY. ISSN*, 2750-3402.

26. Ismoilov, R. R., & Ibragimov, U. M. (2022). Automation in the tomato sorting process using information communication systems. *International Bulletin of Applied Science and Technology*, *2*(11), 122-131.

27. Ibragimov, U. M. (2022). ARCHITECTURE FOR BUILDING THE SYSTEMS OF STORAGE AND ANALYSIS OF BIG DATA. *Экономика и социум*, (5-1 (96)), 205-208.