

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ
ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОГО
РЕГУЛЯТОРА**

Грищенко Владимир Александрович, к.т.н.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

Hryshchenko Volodymyr, PhD, vlgr@nubip.edu.ua

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Предложено новый подход к созданию энергоэффективной системы автоматизации управления холодильной установкой с использованием нечеткого регулятора.

***Ключевые слова:** система автоматического управления, нечеткий регулятор, холодильное оборудование, плодоовощехранилища.*

Сохранность плодоовощной продукции обеспечивается замедлением процессов жизнедеятельности в период хранения, основным из которых является процесс дыхания. С дыханием связаны процессы, которые протекают в плодах: превращение и расход углеводов, выделение и потеря воды, физиологические и инфекционные болезни, удушье. Ослабление интенсивности дыхания приводит к уменьшению потерь сочного растительного сырья при хранении.

Поскольку зависимость интенсивности дыхания от температуры среды имеет степенной характер, то радикальным способом уменьшения метаболических процессов при хранении плодоовощной продукции является холодильная обработка – машинное охлаждение продукции перед длительным хранением и поддержание температуры среды хранения на уровне $-2^{\circ}\text{C}\dots+4^{\circ}\text{C}$ [1-5].

Но применение систем создания микроклимата с машинным охлаждением требует значительных затрат энергии, что приводит к увеличению себестоимости продукции. Одним из способов, обеспечивающих снижение удельной энергоемкости процессов холодильного хранения является автоматизация управления температурно-влажностными режимами с использованием интеллектуальных систем.

При математическом моделировании системы автоматического регулирования в качестве регулируемых параметров принято температуру и влажность воздуха на выходе охладителя и увлажнителя, управляющим воздействием – затраты энергоносителей – хладагента и водяного пара. Влияние других параметров рассматривались как источники внешнего возмущения и их изменение во времени не учитывалась. Действие возмущений имеет существенно нестационарный по величине и во времени характер и практически неопределимым внешним возмущающим фактором в общей системе автоматического управления холодильной установкой, как совокупности всех элементов оборудования. Поэтому на ее входе необходимо подавлять возмущающие воздействия со стороны внешних и внутренних источников (перезагрузка продукта, намораживание

иней, оттаивания и др.), что предполагает синтез нечеткой системы управления рассматриваемого объекта.

На целесообразность применения нечеткой системы автоматического управления указывают и результаты анализа динамических моделей элементов оборудования: все действия регулирующих воздействий на объект для компенсации отклонений предусматривают изменение затрат энергоносителей в процессе управления (т.е. во времени), что приводит к нелинейности динамических характеристик объектов управления. При этом традиционный подход к построению системы автоматического управления требует корректировки коэффициентов передаточных функций для компенсации возмущений во всех элементах объекта изменением потерь энергоносителей, что приводит к изменению эффективной или действительной постоянной времени. Полная информация о состоянии объекта в таком случае отсутствует.

Таким образом, весьма проблематичным является использование существующих стандартных алгоритмов (П, ПИ-, ПИД) регулирования в процессе синтеза системы автоматического управления холодильной установкой, как единственным многоконтурной объектом. Поэтому можно считать доказанным целесообразность и эффективность создания энергоэффективной системы автоматического управления холодильной установкой с применением нечетких множеств, нейронных сетей, генетических алгоритмов и тому подобное. Это обеспечит качество функционирования холодильного оборудования плодоовощехранилищ даже при отсутствии полной информации об объекте.

Поскольку математические модели элементов оборудования, составленные для одного аппарата, не дают достоверную информацию о динамике процессов, происходящих в нем без учета режимных параметров (переменных во времени) других аппаратов, входящих в контуры регулирования, то для синтеза нечеткой системы автоматического управления и анализа динамики холодильной установки создана обобщенная математическая модель холодильной установки как объекта автоматизации управления режимами хранения (рис. 1).

При синтезе системы автоматического управления холодо-продуктивностью компрессора за входные величины принято (рис. 2): расход воздуха, G_v , кг/с; температура на выходе камеры t_{k2} , °C; внешняя температура t_z , °C; тепловая нагрузка в камеру Q_k , Вт.

Получив настроенную нечеткую нейронную сеть, проанализировав графические зависимости мощности на валу компрессора (холодопроизводительности ККА) от входных параметров можно сделать следующие выводы: минимальная мощность компрессора достигается уменьшением теплоступлений в камеру, как извне (t_z) и из середины (Q_k) холодильной камеры; массовый расход воздуха (G_v) влияет только на скорость охлаждения (при равных теплоступлениях). Определение мощности компрессора с помощью нечетких нейронных сетей соответствует поставленной задаче. Полученные зависимости полностью подтверждаются результатами моделирования в пакете Simulink системы MATLAB имитационной модели (тепловых процессов) холодильной установки для хранения плодоовощной продукции, которая получена аналитическим путем из дифференциальных уравнений теплообменных процессов отдельных элементов оборудования, соединенных в общую математическую модель [3-4].

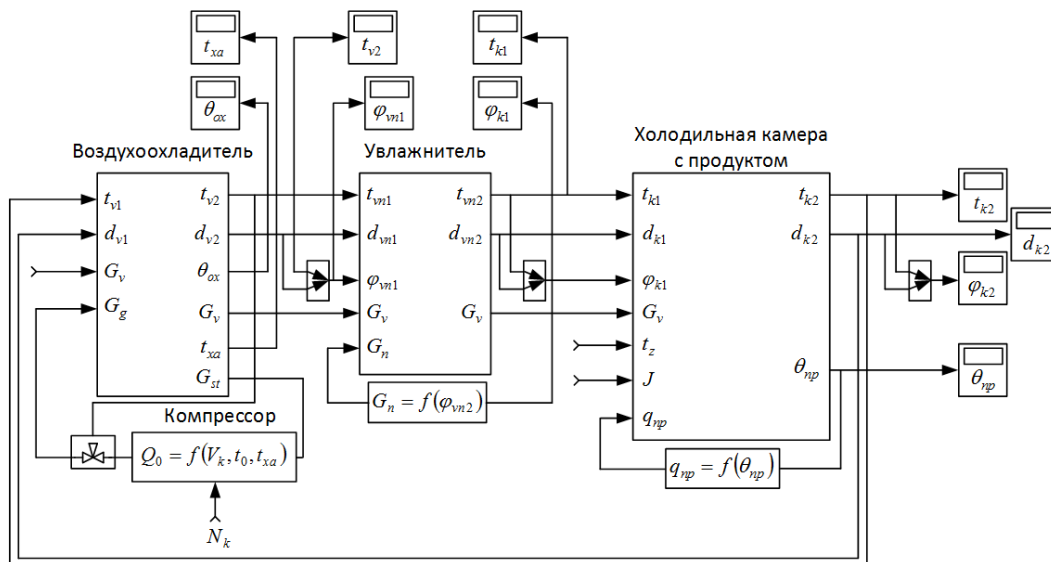


Рисунок 1. – Схема математической модели моделирования динамических режимов холодильной установки в пакете MATLAB / Simulink

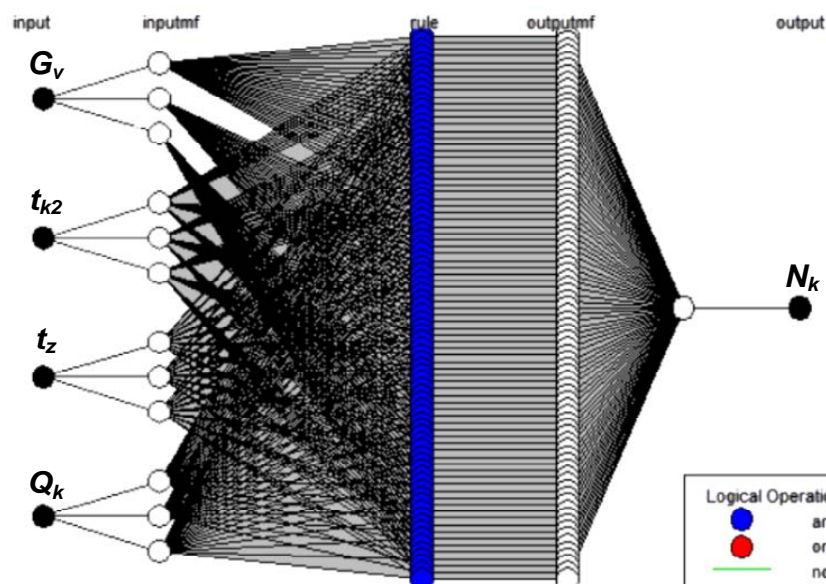


Рисунок 2. – Окно среды MATLAB/ANFIS структуры разработанной нейросетевой модели энергоэффективного управления холодильным оборудованием в плодоовощехранилищах

Список использованных источников

1. Балан Е.Ф., Чумак И.Г., Картофяну В.Г, Иукурдизе Э.Ж. Биоэнергетические основы холодильной технологии хранения фруктов и овощей. Одесса-Кишинэу, 2004. - 244 с.
2. Бедин Ф.П., Белан Е.Ф., Чумак Н.И. Технология хранения растительного сырья. Физиологические, теплофизические и транспортные свойства. Одесса: Астропринт, 2002. – 306 с.
3. Грищенко В.О. Вплив режимних параметрів середовища на втрати ваги маси плодів при зберіганні// Науково-виробничий журнал “Електрифікація та автоматизація сільського господарства”, № 2, К. – 2003 р. – С. 31 – 25
4. Грищенко В.О. Застосування примусового вентилявання при зберіганні плодоовочевої продукції// Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин/ Кіровоград 2004, вип. 34, с.80-83.

5. Котов Б.І., Грищенко В.О. Ідентифікація закономірностей тепло- і масоперенесення в процесах охолодження і зберігання рослинної сировини// Збірник наукових праць Кіровоградського державного університету. 2004, вип. 14, с. 19-24.