

УДК 631.171

М.Е. Шамирбек

магистрант

Научный руководитель

В.А. Иванов

ст.преподаватель

Карагандиский Технический Университет

Казахстан, Караганда

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ ТЕПЛИЦЫ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Аннотация: Основные параметры, оказывающие существенное влияние на урожайность, являются температура в теплице, внутренняя влажность воздуха, освещенность. В статье разрабатываются принципы построения регулятора климата теплицы на основе нечеткой логики. Разработана и рассмотрена модель контроллера нечёткой логики выполненная с использованием ППП MATLAB основанная на алгоритме Мамдани. Применения. контроллера нечеткой логики имеет следующие преимущества: удобство эксплуатации, простота проектирования, легко адаптируется к различным задачам, скорость управления. Рассмотренный метод управления позволяет определить оптимальное расположение и минимальное количество датчиков влажности и температуры воздуха в теплице и создать систему управления микроклиматом обеспечивающую требуемую точность контроля.

Ключевые слова: теплица, микроклимат, Matlab, нечеткая логика, контроллер.

M.E. Shamirbek
Master's student
Scientific supervisor
V.A. Ivanov
Senior lecturer
Karaganda Technical University
Kazakhstan, Karaganda

***Abstract:** The main parameters that have a significant impact on yield are the temperature in the greenhouse, internal humidity, illumination. The article develops the principles of constructing a greenhouse climate controller based on fuzzy logic. A fuzzy logic controller model made using MATLAB PPP based on the Mamdani algorithm is developed and considered. Applications. The fuzzy logic controller has the following advantages: ease of operation, ease of design, easy adapts to different tasks, control speed. The considered control method makes it possible to determine the optimal location and the minimum number of humidity and air temperature sensors in the greenhouse and create a microclimate control system that provides the required control accuracy.*

***Keywords:** microclimate, Matlab, greenhouse, fuzzy logic, controller.*

Введение

Основная цель теплицы - улучшить условия окружающей среды, в которых выращиваются растения. В теплицах, оснащенных соответствующим оборудованием, эти условия могут быть дополнительно улучшены с помощью климат-контроля. Автоматизированный климат-контроль является неотъемлемой частью современной теплицы. Функциями автоматизированного климат-контроля является поддержание заданных параметров окружающей среды внутри теплицы, несмотря на колебания внешнего климата.

Основные преимущества использования автоматизированного климат-контроля заключаются в следующем:

- снижение потребления энергоресурсов;
- повышение урожайности;
- улучшение контроля и управляемости процессов выращивания;
- сокращение участия человека в процессе управления.

Основными факторами окружающей среды, влияющими на климат-контроль теплицы, являются: температура, относительная влажность внутреннего воздуха; транспирация, освещенность, образование CO₂. Исполнительными механизмами, ответственными за изменение климата, являются: система отопления, система охлаждения, система освещения. Моделирование системы управления позволяет изучить поведение системы в различных условиях, попытаться улучшить качество управления, определить оптимальные параметры и настройки регулятора для применения в реальных условиях,

Материалы и способы

В настоящее время урожайность сельскохозяйственных культур зависит от крайне изменчивых климатических переменных, поэтому их качество может варьироваться, увеличивая затраты, что приводит к снижению эффективности. Для решения этой проблемы необходимо использовать автоматизированные системы контроля различных переменных внутри теплицы.

Автоматизация климат контроля в теплицах предназначено для создания и поддержания подходящих условий для растений.

Основными переменными, используемыми для управления отоплением и охлаждением теплицы, являются влажность и температура воздуха. Это может быть пассивное управление форточками или вентиляционными отверстиями или активное, с распылителями, вентиляторами и нагревателями.

Развитие средств вычислительной техники в современном мире позволило создать программные средства, способные поддерживать

вычислительный процесс и с помощью предварительно подобранных алгоритмов обеспечивать в режиме реального времени управление требуемым объектом. Это привело к появлению автоматического управления объектом, в котором человек выполняет функцию оператора, исполняющего требования предписанных инструкций и не вносящего в процесс управления свой личный вклад [1].

Нечеткая логика в системе управления микроклиматом в теплицы может существенно улучшить показатели регулирования [2, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**]. Благодаря внедрению регуляторов, основанных на нечеткой логике, можно значительно уменьшить динамическую ошибку переходного процесса регулирования, что существенно сократит потребление электроэнергии микроклиматической установкой. Использование в системах регулирования нечеткой логики может не только улучшить показатели регулирования, но и сделать проще процесс настройки регулятора, а также обеспечить в дальнейшем лучшие эксплуатационные показатели. Нечеткая логика наиболее подходит для систем управления, в которых требуются знания (опыт) оператора для управления технологическим процессом [4]. В данном случае нечеткая логика позволяет алгоритмизировать опыт оператора с использованием своего математического аппарата. Подобное использование нечеткой логики, в частности, нашло перспективы дальнейшего развития в системах управления микроклиматом, где требуются знания и опыт специалистов для качественного управления системой. В качестве примера возможного использования нечеткого регулирования на практике, а также возможности продемонстрировать различия систем регулирования и показать некоторое преимущество использования нечеткого регулирования была спроектирована термодинамическая модель помещения [5]. Данная модель была разработана с использованием прикладном программного обеспечения MATLAB Simulink [6].

На рисунке 1 изображена блок-схема системы управления микроклиматом теплицы. В состав системы управления входят в пять взаимосвязанных блоков:

1) Заданные значения. В этом блоке вводятся заданные значения климата теплицы, при которых растения могут развиваться должным образом.

2) Входные переменные модели теплицы. Здесь вводятся значения переменных, оказывающих влияние на климат теплицы, такие как: внутренняя температура, влажность воздуха внутри теплицы, температура и влажность наружного воздуха, освещенность.

3) Модель теплицы. Преобразует входные переменные и выходные данные исполнительных механизмов в фактическую температуру и влажность воздуха внутри теплицы.

4) Модели исполнительных механизмов: Эти блоки имитируют работу исполнительных механизмов и получают выходные данные контроллера в виде состояния исполнительных механизмов.

5) Контроллер. Осуществляет управление процессами в теплице: В этом блоке заданные значения сравниваются с измеренными параметрами, после сравнения принимается решение относительно положения исполнительных механизмов.

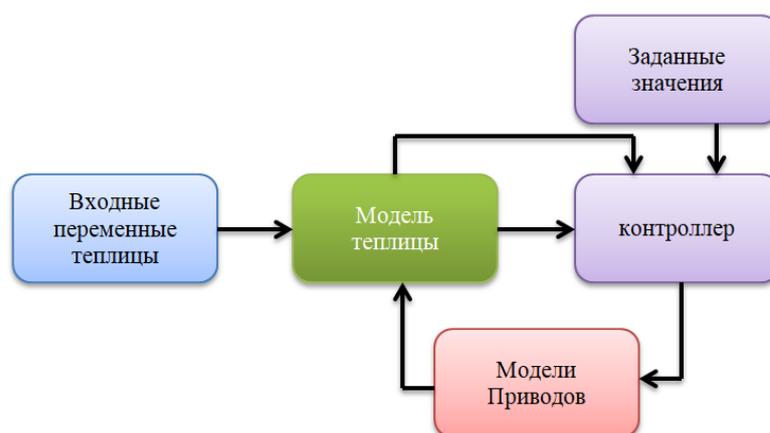


Рисунок 1. – Блок-схема система управление теплицы и модель системы

Основные функции указанных блоков.

Заданные значения сначала в соответствии с видом растения и типом роста определяют температуру и влажность воздуха, необходимые для роста, а затем с учетом фактической температуры и влажности воздуха в теплице контроллер определяет новую ситуацию для исполнительных механизмов, чтобы получить минимальную погрешность в температуре и влажности воздуха от заданных значений.

Модель теплицы.

Первым шагом к усовершенствованному проектированию системы управления является разработка динамической модели. Качество модели - это фундаментальный аспект для достижения адекватных показателей контроля. Модели можно разделить на две группы:

1) Модели первых принципов: т.е, которые описывают физические явления с помощью дифференциальных уравнений (обычно с помощью моделей пространства состояний). В моделях этого типа параметры имеют физическую интерпретацию.

2) Модели черного ящика: т.е, которые пытаются аппроксимировать поведение без априорной информации, например, полиномиальная подгонка, нейронные сети, нечеткие множества и т.д.

Трудно выбрать наиболее удобную модель. Оба могут быть очень высокого качества. Первые понятны, но их разработка сложна и очень дорога. Вторая группа не имеет физического смысла, но ее легче получить.

Модели приводов.

Уменьшение движения воздуха и воздухообмена приводят к повышению внутренней температуры воздуха, чем температура наружного воздуха. Температуру в теплице можно снизить с помощью естественной или принудительной вентиляции. Наличие растений внутри

теплицы также влияет на температуру. Все эти факторы должны быть учтены в модели теплицы. Система отопления не реализована в моделировании, так как рассматривается только процесс охлаждения.

Этап управления.

Этап управления связывает внутреннюю температуру и влажность воздуха теплицы с входными переменными. Этот этап предназначен для поддержания фактической температуры и влажности воздуха как можно ближе к желаемым заданным значениям. Его выходным значением является значение приводов, которое представляет собой процент мощности, при которой приводы должны работать непрерывно, чтобы поддерживать минимальное отклонение.

С учетом рассмотренных функций, для контроля климатических параметров теплицы (температуры, относительной влажности, влажности почвы и интенсивности освещения) была разработана модель теплицы. Модель была реализована таким образом, что функции принадлежности переменных управления состоянием системы были настроены в соответствии с таблицей нечеткой логики, созданной экспертом. Нечеткие кластеры были идентифицированы на основе глубокого человеческого опыта и знаний. Нечеткая логика - это мягкий метод расчета, используемый для нелинейных, сложных ситуаций, связанных со сложной или неопределенной информацией моделирования. Он работает по значениям интервалов, таким как очень длинный, длинный, средний, короткий и очень короткий, как в человеческой логике. Модель теплицы выполненная в ППП Matlab приведена на рисунке. 2.

Модель теплицы требует набора начальных условий для каждой переменной состояния. Некоторые переменные зависят от времени, а некоторые не зависят от времени. Затенение, скорость испарения, эффективность охлаждения, считаются не зависящими от времени. При моделировании предполагается, что температура внутри и снаружи

составляет 27 °С. Схема управления осуществляет снижение температуры воздуха в теплице за счет испарительного охлаждения, выполненного на основе вентиляции и аэрозольного генератора. Уровень затенения принимается постоянным, и обогрев не осуществляется, так как учитывается только охлаждение теплицы при дневном свете.

Модель теплицы рассматривается в двух условиях: неконтролируемом и контролируемом. В неконтролируемых условиях выбирается начальное состояние теплицы и отключаются функции управления системой (охлаждение и генерация аэрозоля). В контролируемом моделировании рассматриваются два различных подхода к запотеванию и испарительному охлаждению. Если внутренняя температура превышает заданное значение ($T_i > T_{ref}$), то генерация аэрозоля включается и выключается в противном случае. Скорость вентиляции определяется с помощью нечеткой логики.

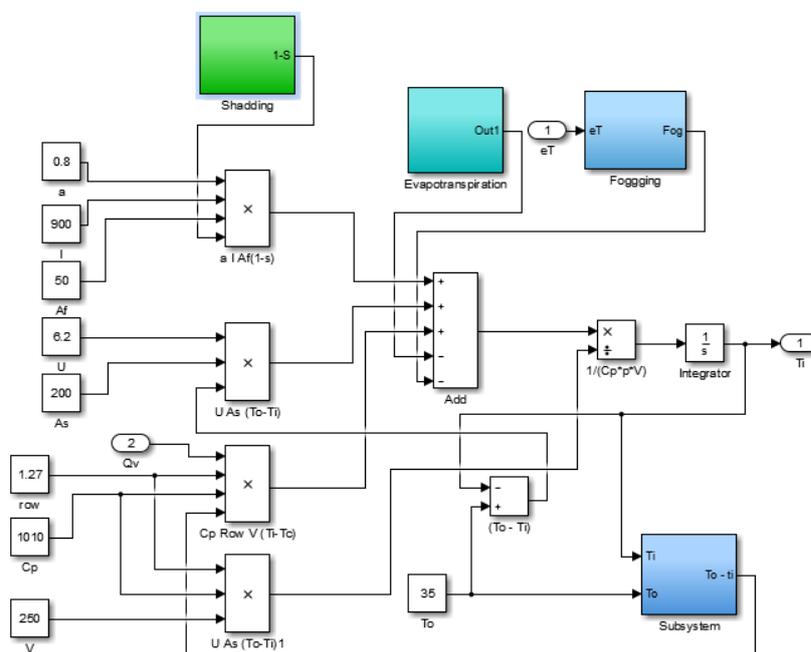


Рисунок 2. – Модель теплицы.

Нечеткое логическое управление

Нечеткая логика – это логическая или управляющая система n -значной логической системы, которая использует степени состояния («степени истинности») входов и формирует выходы, зависящие от состояний входов и скорости изменения этих состояний. Это не обычная «истинная или ложная» (1 или 0), булева (двоичная) логика, на которой основаны современные компьютеры. Она в основном обеспечивает основы для приблизительного рассуждения с использованием неточных решений и позволяет использовать лингвистические переменные. **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**

Нечеткая логика была разработана в 1965 году профессором Лотфи Заде в Калифорнийском университете в Беркли. Первым приложением было выполнение обработки компьютерных данных на основе естественных значений. **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**

Если говорить проще, состояниями нечеткой логики могут быть не только 1 или 0, но и значения между ними, то есть 0.15, 0.8 и т.д. Например, в двоичной логике, мы можем сказать, что мы имеем стакан горячей воды (то есть 1 или высокий логический уровень) или стакан холодной воды, то есть (0 или низкий логический уровень), но в нечеткой логике, мы можем сказать, что мы имеем стакан теплой воды (ни горячий, ни холодный, то есть где-то между этими двумя крайними состояниями). Четкая логика: да или нет (1, 0). Нечеткая логика: конечно, да; возможно, нет; не могу сказать; возможно да и т.д. **[Ошибка! Источник ссылки не найден.]**

Нечеткая логика является эффективной системой управления с обратной связью и более простой в реализации. Вычислительная структура нечеткой логики состоит из модулей фаззификации, механизма вывода и дефаззификации. Система управления, реализованная здесь, представляет собой единую систему ввода-вывода с вводом в виде "ошибки в

температуре" (Tref-Ti) и "Скорости вентиляции" в качестве выходной переменной.

Фаззификация преобразует числовые значения погрешности температуры в лингвистические значения, такие как "низкий", "очень низкий", "ноль", "высокий" и "очень высокий". Механизм нечеткого вывода выводит нечеткие выходные данные, используя нечеткие следствия и правила вывода нечеткой логики. Дефаззификация принимает нечеткий вывод правил и генерирует вывод, сформулированный в виде "четкого" числового значения, используемого в качестве управляющего ввода для установки. Связь между входом и выходом в виде правил "Если-то", которые основаны на динамической производительности процесса.

В системе нечеткого контроллера исполнительных механизмов и потребление энергии меньше, чем в системе контроллера включения/выключения, и поэтому предотвращается потеря энергии и износ исполнительных механизмов.

Каждая из двух систем управления, модель генерации источника, предоставляет пользователю широкий спектр климатических комбинаций; следовательно, контроллер может работать в любых обстоятельствах.

Модель управления на основе нечеткой логики на основе алгоритма Мамдани построим и использованием ППП MATLAB (рисунок 3). Нечеткий контроллер основан на правилах нечеткого вывода, который состоит из трех основных подсистем обработки. Входной интерфейс преобразует входные лингвистические переменные в числовые значения. Блок базы данных, включает в себя нечеткие правила (преобразования четкого входного значения в нечеткое значение). Блок формирования четких управляющих правил для конкретных исполнительных механизмов.

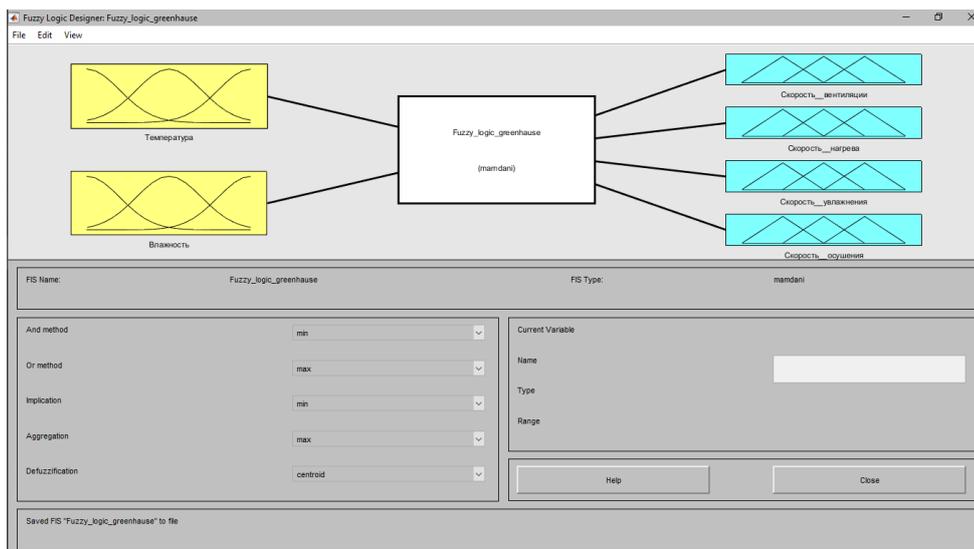


Рисунок 3 - Моделирование нечеткого вывода в MATLAB

Функции принадлежности входной температурной погрешности представлены на рисунке 4, где ОБ отрицательная большая, ОС-отрицательная средняя, Н-нулевая, ПС-положительная средняя и ПБ положительная большая..

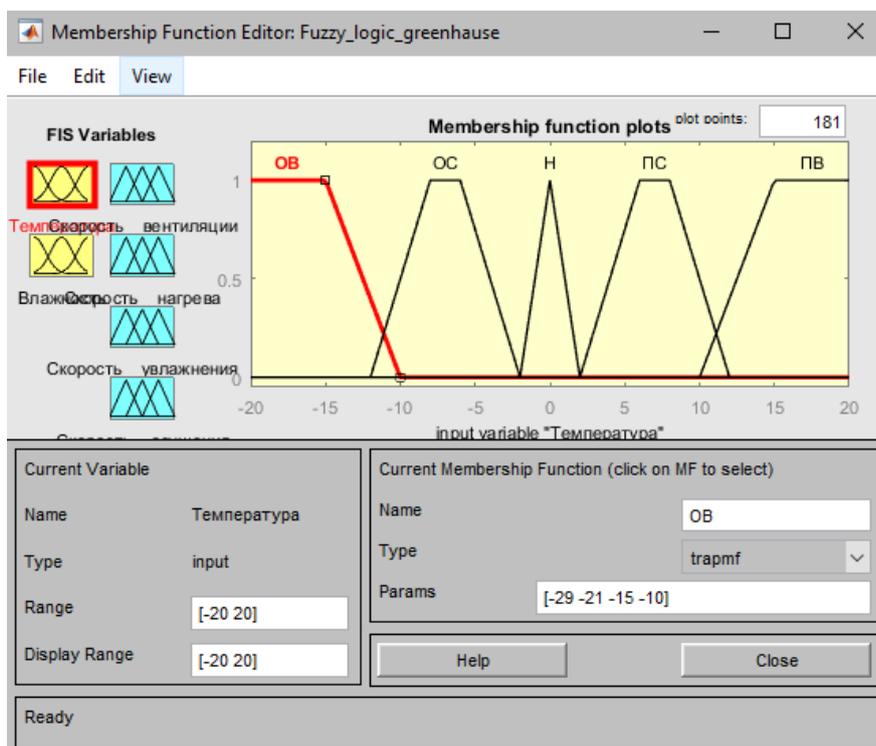
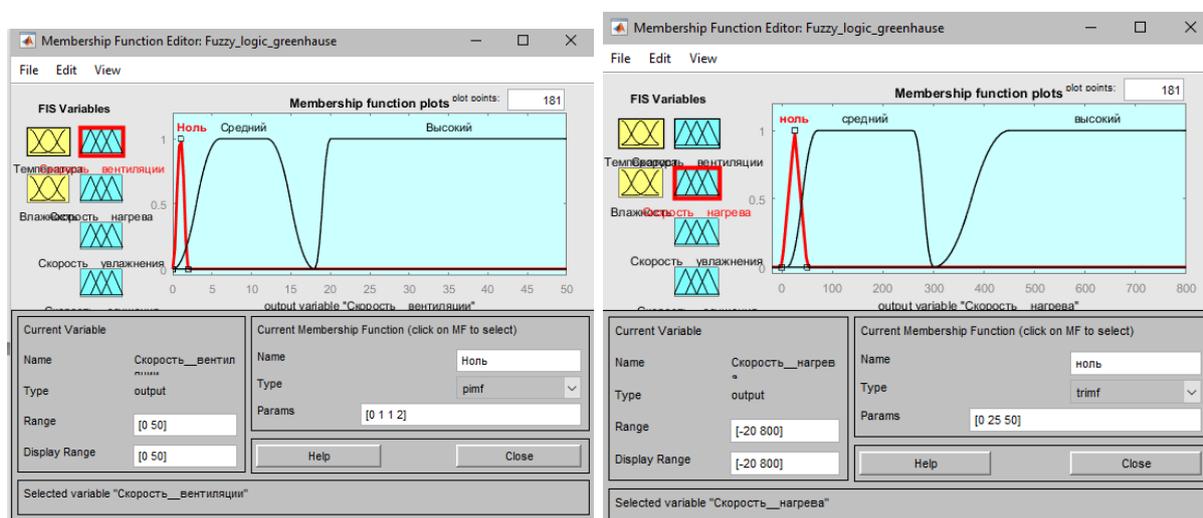


Рисунок 4 - Моделирование температурной среды в тепличном комплексе

Выходными переменными являются скорость вентиляции и скорость нагрева, причем скорость вентиляции ϵ (Н, С, В) и скорость нагрева ϵ (Н, С, В) (Н = ноль, С = средний и В = высокий). На рисунке 5 представлены функции принадлежности выходных переменных скорости вентиляции и скорости нагрева теплицы.



а)

б)

Рисунок 5 - Регулирование скорости вентиляции а) и скорости нагрева б) теплицы

Результаты моделирования (поведение выходных данных)

Входные переменные в системе нечеткого управления обычно отображаются наборами функций принадлежности, подобных ей, называемых "нечетким множеством". Процесс преобразования четкого входного значения в нечеткое значение называется "нечеткой логикой".

Схема нечеткого вывода реализована с использованием набора инструментов нечеткой логики MATLAB-SIMULINK с использованием

FIS типа Mamdani. Используются как треугольные, так и трапециевидные функции принадлежности. Смоделирована система управления нечеткой логикой для контроля температуры в теплице, и контролируется внутренняя температура воздуха в теплице. Аналогично строится система влажности воздуха. Далее забиваются правила рисунок 6.

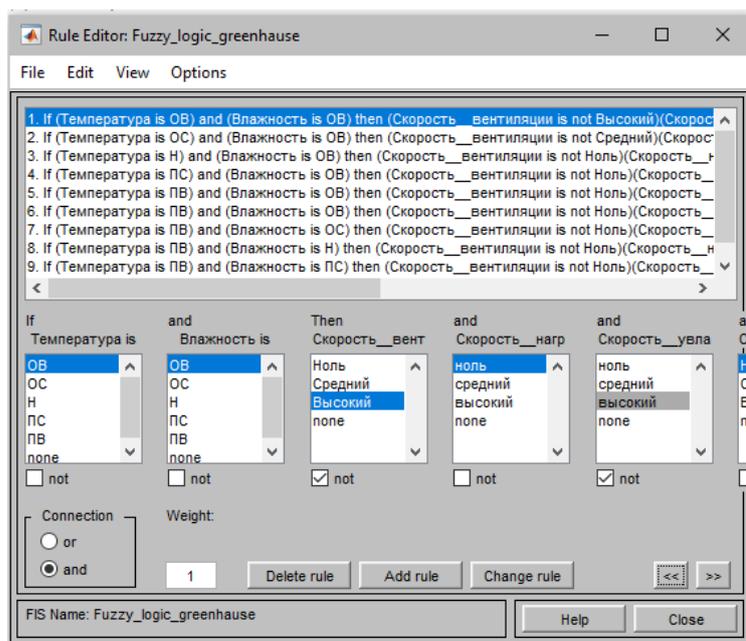


Рисунок 6. – Правила нечеткого вывода

В результате моделирования можно сделать вывод, что система может работать стабильно до тех пор, пока не появится критическое значение, что позволяет установке адаптироваться к изменениям системы и стабилизировать значения микроклимата в теплице.

Нечеткие контроллеры могут управлять нелинейной моделью процесса и моделью процесса с задержкой по времени значительно лучше, чем линейный контроллер. Тем самым большая часть работы была проделана методом проб и ошибок, ранее связанной с разработкой системы нечеткого управления, практическим подходом к разработке систематического

проектирования нелинейных нечетких контроллеров с линейными или нелинейными правилами управления процессами, математические модели которых неизвестны.

Рассмотренные методы нечеткого моделирования были использованы для идентификации нелинейных систем и проектирования элементов управления, было уделено внимание выбору подходящей структуры нечеткой модели. Структура контроллера нечеткой логики (КНЛ) была разработана путем определения некоторых вариантов проектирования нечеткой системы. Также был предложен алгоритм построения КНЛ. Разработаны правила управления нелинейными системами путем разработки ряда локальных линейных моделей и разработки оптимальной стратегии управления для каждой из этих локальных моделей.

Выводы

Модель системы была реализована с помощью инструментария MATLAB Simulink для анализа теплового поведения теплицы. Это быстро реализуется и позволяет проверить установку адекватных и эффективных систем. Во-вторых, производительность была оценена НЛК, что показало хороший контроль производительности. Чтобы улучшить поведение такого НЛК, необходимо использовать некоторые методы оптимизации, такие как генетический алгоритм. В этой работе сначала моделируется модель теплицы с помощью термодинамических уравнений, а затем разрабатываются два регулятора климата теплицы с использованием контроллера нечеткой логики и контроллера включения/выключения. Разработанный прототип контроллера нечеткой логики основан на алгоритма Mamdani и построен с использованием программного обеспечения MATLAB Simulink, которая использовалась для оценки работоспособности контроллера нечеткой логики и влияния на параметры управления, температуру и влажности воздуха внутри теплицы.

Результаты показывают, что предлагаемый контроллер нечеткой логики очень удобен в использовании, прост в проектировании, легко адаптируется и быстр в исполнении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михеев, В.А . Автоматизация процессов ОМД (электронный ресурс): электрон: учеб. Пособие/ В.А. Михеев; минобрнауки Росси, Самара. гос.аэрокомск. ун-т им. С.П. Королева (нац. исслед. ун-т).- Самара, 2012.- 167 с.
2. Булгаков А. Г., Аль Джубурииссам Мохаммед Али. Нечеткая система управления микроклиматом // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки, 2009, № 3, с. 31-37.
3. Бобриков Д. А. Автоматическое регулирование микроклиматом на основе нечеткой логики/ Д. А. Бобриков, В. Л. Горбунов // Интеллектуальные системы и микросистемная техника: Материалы Международной научно-практической конференции. - 2017. - С. 207 - 215.
4. Соловьев В. В., Фонарев В. И. Методика синтеза адаптивного нечеткого регулятора для объектов неопределенной модели Ю. // Известия ЮФУ. Технические науки [Новости Южного федерального университета. Технические науки], 2012, Т. 126, № 1, с. 78-83.
5. Пешко М. С., Федотов А. В. Системы управления процессами выращивания в условиях защищенного грунта. Журнал «Молодой ученый». 2012. № 8 (43). С. 29-30.
6. Юран С. И., Вершинин М. Н. Совершенствование системы регулирования микроклимата на основе нечеткой логики // Вестник НГИЭИ. 2019. №9 (100) . С.33-45.