

освещением позволяет производить свежую зелень и овощи даже в зимний период, который характеризуется высокими ценами на продукцию овощеводства. Полученные статистические результаты показывают, что правильно организованное освещение позволяет практически удвоить количество собранных урожаев за календарный период. Например, использование в зимний период дополнительного освещения увеличивает урожайность томатов и огурцов до 70%. Положительным моментом автоматического управления освещением является экономия электроэнергии, поскольку свет включается только при необходимости. В пасмурные летние дни, а также в осенне-зимний период система автоматически включает освещение, увеличивая эффективный световой поток.

Таким образом, для обеспечения производства высококачественной сельскохозяйственной продукции в настоящее время активно используются современные достижения науки и техники, автоматизация процессов для экономии энергии и постоянного мониторинга контролируемых показателей.

Список использованной литературы

1. Погорелова, В.А. Методические рекомендации по созданию гидропонных установок (в рамках программы базового уровня «Сити-фермер») / В.А. Погорелова, Е.И. Сазонова – Краснодар: ГБУ ДО КК ЭБЦ, 2019. – 52 с.
2. Уильям Тексье. Гидропоника для всех. Все о садоводстве на дому / Тексье Уильям. – М.: HydroScope, 2013. – 296 с.
3. Бентли М. Промышленная гидропоника / М. Бентли – М.: Книга по требованию, 2012. – 376 с.

УДК 004:338.43

Г.Я. Вяткина, канд. биол. наук, доцент,

В.П. Вяткин, аспирант

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Красноярский государственный аграрный
университет», г. Красноярск
e-mail: vip.slavna@mail.ru*

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ ПРИ АЭРОПОННОМ ВЫРАЩИВАНИИ

Ключевые слова: аэропоника, модель, конструкция, оптимизация
Keywords: aeroponics, model, design, optimization.

Аннотация. В статье рассматривается перспективный способ выращивания растений без использования почвы – аэропоника.

Формирование условий выращивания, которые полностью имитируют природные, представляет собой сложную конструктивную задачу. Одним из эффективных подходов к ее решению является применение имитационных математических моделей, позволяющих описывать и анализировать процессы, которые протекают в системах аэропного выращивания.

Summary. The article discusses a promising method of growing plants without using soil – aeroponics. Creating growing conditions that fully mimic natural conditions is a difficult constructive task. One of the effective approaches to its solution is the use of simulation mathematical models that allow describing and analyzing the processes occurring in aeroponic growing systems.

Поиск новых технологий производства продовольствия активизировался, когда появилось понимание неспособности традиционных методов ведения сельского хозяйства обеспечить в перспективе бурно растущее население Земли. Прогнозируемый рост потребления продовольствия вырастет к 2050-му году на 60–90%, при этом растет урбанизация, население покидает сельскохозяйственные районы [4]. Растущий дефицит пресной воды за счет ее чрезмерного потребления, опустынивание и деградация земель сельскохозяйственного назначения вследствие вырубки лесов под новые пашни и кормовые поля, изменения климата также ухудшают ситуацию с обеспечением населения продовольствием.

В этих условиях внимание производителей продуктов растительного происхождения привлекают технологии выращивания растений без использования посевных площадей, один из которых – аэропоника [3]. При аэропонике растение размещается в держателе посадочного стола в подвешенном состоянии, стебель удерживается разрезной мембраной, не мешающей развитию стебля. Листья растения изолированы от корней и находятся в условиях, максимально приближенных к природным, включая освещение, увлажнение, вентиляцию. Корни растений находятся в герметичном темном пространстве, получая питание через аэрозольный туман, состоящий из специально подготовленного питательного раствора и генерируемый через систему трубопроводов с форсунками, в которых имеются отверстия с калиброванным диаметром. Генерация тумана происходит под давлением, периодически, с одной стороны, не позволяя корням растения высыхать, с другой стороны размер капель тумана и его объем регулируются для достижения оптимальной влажности в камере корней [1].

Исходя из вышеприведенного упрощенного описания технологии аэропоники можно увидеть, что с технической точки зрения ферма для аэропоники представляет собой достаточно сложную систему, в которой с

одной стороны, должны присутствовать различные исполнительные механизмы, такие как насосы для подачи питательного раствора к корням и для подачи водяного тумана к листьям, устройства включения и выключения освещения (набор осветителей, в свою очередь, должен состоять из набора источников излучения разной длины волны, изменение интенсивности каждого источника необходимо для учета потребностей растения на разных этапах развития), вентиляторы для перемешивания воздуха во избежание застойных явлений и облегчения опыления, устройства нагревания и охлаждения воздуха для каждой камеры в соответствии с программой роста и инициации, например, клубнеобразования. В этот список необходимо добавить различные датчики (температуры, влажности, освещенности, датчик pH, датчик электропроводности питательного раствора и датчики уровня растворов в накопительных емкостях), камеры машинного зрения и, наконец, систему контроллеров, управляемых компьютером по заданной программе [5].

Достижения в области автоматизации и развития компьютерных технологий позволяют максимально автоматизировать все процессы в аэропонике, предоставляя оператору необходимую информацию в режиме реального времени и сигнализируя при возникновении инцидентов. Действительно, помещая растение в условия, в которых отсутствует почва, мы принимаем риски поломки нагнетательных насосов, при которых растение может остаться без увлажнения. Такая ситуация неминуемо вызовет гибель растения, если не устранить неисправность или не подключить дублирующую систему подачи раствора. То же касается и уровня раствора в накопительных емкостях, который должен быть достаточным для обеспечения бесперебойной подачи к корневой системе, а также множества других факторов, влияющих на успешное выращивание растений на аэропонных установках.

Процесс выращивания растений достаточно сложен, однако накопленный экспериментальный опыт позволяет в некоторой степени упростить понимание технологических последовательностей, необходимых для успешного выращивания растения в управляемых условиях аэропонии. Определяются временные интервалы освещения и затемнения растений, длительность генерации питательного раствора в корневой зоне и перерывов между генерациями, температурные режимы, уровни влажности, необходимые для успешного развития растений. В связи с активным распространением технологии аэропонии предпринимаются попытки ее моделирования как способа оптимизации и повышения экономической эффективности [2, 6]. При достаточной проработанности модели, например, при дискретно-событийном моделировании, экспериментирование с изменением динамических параметров предоставляет возможность получения информации о реакции

растения на данные изменения и анализ возможных ситуаций, принятие необходимых мер. Также возможно снижение издержек при проектировании системы и для оценки эффективности производства.

Дискретно-событийное моделирование описывает отдельные события в системе в определенные периоды времени, включая изменение воздействующих на систему факторов или возникновение неисправностей. Накопление данных при проведении дискретно-событийного моделирования позволяет выстроить последовательность локальных процессов в единую картину потока процесса, в котором могут быть получены обобщенные данные о результатах влияния отдельных событий на конечный продукт, причем рост степени дискретизации локальных событий, то есть сокращение временного периода увеличивает точность вычислений, но и усложняет выборку необходимых данных, объем которых при этом растет экспоненциально.

Для понимания процессов дискретизации необходимо представление об основных процессах в аэропонике, это можно наглядно показать на структурной схеме установки, в которую можно добавлять контролируемые устройства и исполнительные механизмы или наоборот исключать их в зависимости от требуемых условий.

Рассмотрим упрощенную структурную схему аэропонной установки (Рисунок 1).

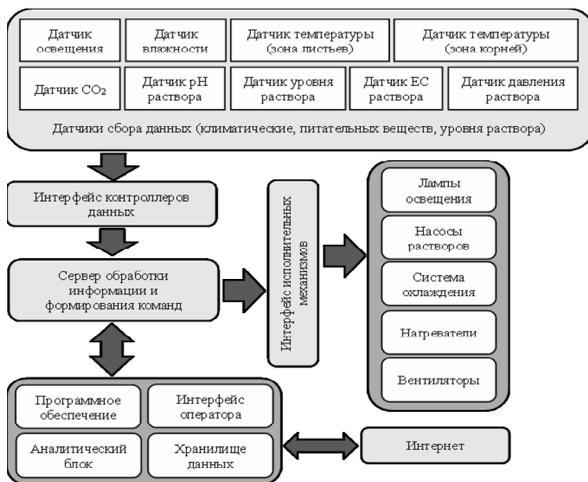


Рисунок 1 – Упрощенная структурная схема аэропонной установки

Для упрощения схемы здесь опущены датчик ионной селективности, измеряющий концентрацию конкретной соли в растворе, измеритель светового потока, некоторые другие датчики, в избылии появляющиеся в

широкой продаже. Также не отображена система поддержания состава питательного раствора – дозаторы питательных веществ и механизмы для перемешивания раствора. Все эти устройства могут быть добавлены в более детальную схему установки.

Сложные математические модели в аэропонике могут использовать методы, например, вычислительной гидродинамики для расчета потоковых процессов, таких как движение воздуха в аэропонике для достижения равномерного распределения температуры. Такие модели изучают различные варианты циркуляции воздуха в замкнутом пространстве и используют стандартные модели турбулентности и теплообмена, в том числе дифференциальные уравнения Навье-Стокса для потока жидкостей. В научной литературе есть данные, что воздушный поток для зоны листьев в аэропонике оптимален при его боковом входе и выходе воздуха вверх, тогда как в некоторых конструкциях аэропоники вентиляторы устанавливают сверху, обеспечивая выход через боковую сторону или конструируют устройство с боковым входом и боковым выходом воздуха, снижая эффективность установки за счет образования вентиляционных тупиков и неравномерного распределения температуры [4]. Данный пример показывает, как можно достигать максимальной эффективности в аэропонике с помощью конструктивных решений, принимаемых в результате изучения моделей и аппроксимации некоторых процессов.

Таким образом, в настоящее время мощность вычислительных ресурсов позволяет создавать виртуальные подобию исследуемых объектов, в частности фермы для аэропоники, включая происходящие при выращивании растений процессы. Данная технология цифровых двойников позволит сравнивать происходящие в аэропонике процессы с имитационной моделью, осуществлять мониторинг и удаленное управление системой в режиме реального времени.

Список использованной литературы

1. Вяткин, В. П. Системы аэропонии для выращивания семенного картофеля: проблемы и перспективы / В. П. Вяткин, Г. Я. Вяткина // Современные технологии и технические решения для агропромышленного комплекса : Материалы Международной научно-практической конференции, Ижевск, 12 декабря 2024 года. – Ижевск: Удмуртский государственный аграрный университет, 2024. – С. 3–9.
2. Вяткин, В. П. К вопросу имитационного моделирования аэропонии в практике клонирования картофеля / В. П. Вяткин, Г. Я. Вяткина // Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: материалы XXIII международной научно-практической конференции, Кемерово, 04–05 декабря 2024 года. – Кемерово: Кузбасский ГАУ, 2024. – С. 741–746.
3. Baudoin, W. Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops: Principles for Mediterranean Climate Areas / Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome. – 2013. – №217.
4. Vyatkin, V. P. A GLIMPSE of food security in foreign countries / V. P. Vyatkin, G. Ya. Vyatkina // , 04–06 марта 2024 года, 2024. – P. 384–387.

5. Lakhari, I. A. Experimental study of ultrasonic atomizer effects on values of EC and pH of nutrient solution / I. A. Lakhari, X. Liu, G. Wang, J. Gao // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. – 2018. – №11. – PP. 59–64.

6. Pin, J. CFD simulation of flow field and temperature field of different air flow circulation modes in vegetable aeroponics cultivation box / Transactions of the CSAE. – 2019. – 35(16). – PP. 233-241. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2019.16.026.

УДК 629.36.019

Г.И. Гедроить, *канд. техн. наук, доцент,*

С.В. Занемонский, *ст. преподаватель,*

Р.В. Погребницкий, *студент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

E-mail: zanemanoff@mail.ru

АНАЛИЗ РЫНКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРИЦЕПОВ

Ключевые слова: транспортировка, прицеп, груз, почва.

Keywords: transportation, trailer, cargo, soil.

Аннотация: в статье представлены результаты анализа объемов производства, а также типов сельскохозяйственных прицепов по назначению и конструктивным признакам.

Summary: the article presents the results of the analysis of production volumes, as well as types of agricultural trailers by purpose and design features.

Введение. Одним из путей обеспечения продовольственной безопасности является внедрение энергоэффективных и ресурсосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции. Решение этой задачи непосредственно связано с повышением производительности машинно-тракторных агрегатов (МТА), совершенствованием конструкции тракторов, прицепов и сельскохозяйственных машин.

Основная часть. Особенностью сельскохозяйственных перевозок является широкая номенклатура перевозимых грузов и изменчивость их свойств от влажности, температуры и продолжительности транспортировки, сезонность (большинство грузов перевозят в период уборки урожая), многократность, использование транспортно-технологических машин, которые помимо транспортировки грузов выполняют технологические операции (внесение минеральных и органических удобрений, транспортировка и раздача кормов и др.) [1].

В сельском хозяйстве применяют тракторные одноосные, двухосные и трехосные самосвальные прицепы, оборудованные гидравлическими устройствами для разгрузки кузова.