# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ КОСМИЧЕСКОГО ПОЛЕТА

AUTOMATED SYSTEMS FOR GROWING PLANTS IN SPACE FLIGHT CONDITIONS

**УДК 62-52**

**Золотухина Дарья Андреевна,** Магистрант кафедры «Робототехнические системы и мехатроника», МГТУ им. Н. Э. Баумана, РФ, Москва, E-mail: da-zolotukhina@yandex.ru

**Zolotukhina Darya Andreevna,** Master's Student of the Department of "Robotic Systems and Mechatronics", Bauman Moscow State Technical University, Russia, Moscow, E-mail: da-zolotukhina@yandex.ru

**Аннотация:** Данная статья посвящена обзору и анализу существующих разработок в сфере выращивания растений в условиях космического полета на международной космической станции. Данная тема актуальна, так как необходимо разработать бортовые автоматизированные оранжереи, в которых будут выращиваться зелень и различные зерновые культуры для космонавтов во время длительных межпланетных полетов. Целью работы является обобщение данных о современных космических оранжереях и определение оптимальной конструкции полива растений в невесомости.

**Abstract:** This article is devoted to the review and analysis of existing developments in the field of plant cultivation in the conditions of space flight on the International Space Station. This topic is relevant, since it is necessary to develop on-board automated greenhouses in which greens and various grain crops will be grown for astronauts during long interplanetary flights. The aim of the work is to generalize

the data on modern space greenhouses and determine the optimal design for watering plants in zero gravity.

**Ключевые слова:** космическое растениеводство, бортовая оранжерея, автоматизированная система полива, оранжерея «Лада», система производства овощей «Veggie».

**Key words:** space plant growing, onboard greenhouse, «Lada» greenhouse, automated irrigation system, vegetable production system «Veggie».

## Введение

Системы, которые снабжают космонавтов фруктами, овощами и кислородом, а также служат местом отдыха, пока остаются областью научной фантастики. Но работы в этом направлении ведутся в нашей стране с 1980-х годов. Мини-оранжереи для научных исследований были на орбитальных станциях «Салют» и «Мир», а также на российском сегменте Международной космической станции (РС МКС) функционировала уникальная оранжерея «Лада», созданная Институтом медико-биологических проблем РАН.

Эксперименты по выращиванию растений преследуют много разных целей. Здесь и чисто научные, фундаментальные исследования реакции растений на условия космического полета. Но есть и практические вопросы, связанные с использованием оранжереи. В первую очередь необходимо узнать, можно ли безопасно употреблять в пищу растения, выращенные на орбите. Особый интерес представляет выращивание нескольких поколений растений, поскольку вредные факторы могут накапливаться.

В условиях жесткой экономии места и ресурсов важно добиться наибольшей урожайности минимальными средствами. Согласно диетологическим исследованиям, суточная норма потребления салатных культур для одного человека составляет в среднем около 100 г в сыром виде, что требует порядка 1 м$^2$ посевной площади на борту. Кроме того, у космической оранжереи есть еще и непищевая цель. Она обеспечивает психологическую разгрузку космонавтам, повышая комфортность их пребывания на корабле, что особенно ценно для длительных полетов.

**Оранжерея «Лада» и установка «Veggie»**

Последними спроектированными и функционирующими на МКС системами по выращиванию растений были российская оранжерея «Лада», созданная Институтом медико-биологических проблем РАН, и система производства овощей «Veggie», разработанная NASA совместно с ORBITEC, используется на американском сегменте.

Оранжерея «Лада» - это система модульного типа, ее габариты уменьшены в четыре раза по сравнению с аналогичной оранжереей «Свет», использовавшейся на станции «Мир». В РС МКС она действовала с 2001 года для эксперимента «Растения-2». Основные модули оранжереи представлены на рисунке 1. Целью эксперимента являлось проведение исследований для решения вопросов фундаментальной биологии и вопросов оптимизации режимов культивирования растений для будущих оранжерей в составе перспективных космических систем жизнеобеспечения. [1]

В задачи эксперимента «Растения-2» входили:

1. Исследование технологии культивирования растительных организмов (салата «Мизуна», карликовых помидоров «Микро-Том», карликового (красного) гороха) применительно к штатным оранжерейным устройствам.

2. Исследование влияния факторов космического полета (ФКП) на рост и развитие растений, перспективных для использования в космических витаминных оранжереях.

3. Исследование всхожести и жизнеспособности растений.

4. Изучение репродуктивной функции растений и получение второго поколения космических семян.

5. Изучение химического состава растений и семян, выросших в условиях невесомости, с целью определения уровня содержания азотистых соединений в растительной биомассе.

6. Определение концентрации этилена в атмосфере РС МКС. [2]



Рисунок 1 – Основные модули оранжереи «Лада»

Для реализации этапа «Отработки технологии культивирования высших растений в условиях микрогравитации» эксперимента «Растения-2» в период экспедиций МКС-15 и МКС-18 использовалась оранжерея «Лада» в составе: Блок управления, Модуль исследования субстратов, Блок контроля газоанализаторов, Канистра для воды, Укладка «МИС-ДАННЫЕ», Укладка «МИС-ПРИНАДЛЕЖНОСТИ», Укладка «ПРИНАДЛЕЖНОСТИ».

А для реализации исследования влияния ФКП на рост и развитие высших растений использовалась оранжерея «Лада» в составе: Блок управления, Блок освещения, Листовая камера, Корневой модуль, Канистра для воды, Укладка "РАСТЕНИЯ", Укладка "ПРИНАДЛЕЖНОСТИ". [2]

В результатов эксперимента отмечалось, что проектирование на основе модульного принципа построения конструкции позволило параллельно разработать и изготовить модуль исследовании субстратов МИС-ЛАДА и впервые в мире провести исследования процессов водно-воздушного обеспечения различных капиллярно-пористых сред (КС) для корневых систем, диффузии газов, получить их гидрофизические и теплофизические характеристики, динамическое изменение этих величин из-за формирования корневой системы растений и ризосферы, что стало основой для начала построения концептуальной модели оптимального водно-воздушного обеспечения КС и теоретических моделей оранжерейных устройств, которые эксплуатируют вне Земли.

Оранжерея «Лада» нацелена на выращивание растений в ограниченном объеме для изучения семян и проведения различных экспериментов, а не для обеспечения овощами космонавтов. В этом состоит одно из основных отличий её от установки «Veggie».

Цель «Veggie» - обеспечить астронавтов самодостаточным и устойчивым источником пищи, а также средством отдыха с помощью лечебного садоводства. [3]

На рисунке 2 представлена фотография космонавта Роберта Кимброу за работой с системой «Veggie».



Рисунок 2 – Космонавт Роберт Кимброу с автоматической оранжереей «Veggie»

Установка «Veggie» является частью всеобъемлющего проекта, касающегося исследований выращивания сельскохозяйственных культур в условиях невесомости. Среди целей этого проекта – узнать о том, как растения растут в невесомой среде, и как они могут быть эффективно выращены для использования экипажем в космосе. «Veggie» был спроектирован так, чтобы быть неприхотливым в обслуживании, использовать малую мощность и иметь низкую стартовую массу.

В 2018 году эксперимент «Veggie-3» был проведен с растительными подушками и корневыми ковриками. Одна из целей – выращивание продуктов питания для потребления экипажем. Культуры, испытанные за это время, включают китайскую капусту «Токио Бекана», красный салат «Ромэн» и салатную культуру «Мизуну».

Овощной модуль весит менее 8 кг и использует 90 Вт. Он состоит из трех частей: осветительной системы, сильфонного кожуха и резервуара. Система освещения состоит из трех различных типов цветных светодиодов: красного, синего и зеленого, и регулирует количество и интенсивность света, получаемого растениями. Сильфонная оболочка, изготовленная из фторированного полимера, соединена с системой освещения сверху и опорной плитой снизу. Она отделяет окружающую среду внутри устройства от окружающей среды станции. Резервуар овощного модуля соединяется с растительными подушками, где растут семена. Растительные подушки содержат такие материалы, как удобрения и семена для роста растения. Семена ориентированы внутри липкой растительной подушки так, чтобы их корни росли вниз в субстрат, а стебли росли вверх за пределы растительной подушки. [3]

Обобщим описание систем и приведем краткую сравнительную характеристику двух систем. Установка «Veggie» является оранжереей закрытого типа, растения в ней изолированы от влияния окружающей среды станции. Она имеет собственную систему кондиционирования овощного модуля. Выращивание растений в установке «Veggie» происходит в специальных «растительных подушках», которые питают водой с помощью специального оборудования.

Оранжерея «Лада» устроена иначе, она вентилируется за счет обмена воздуха оранжереи с окружающей средой МКС. Поскольку у оранжереи нет собственной системы кондиционирования, обмен воздуха внутри ростовой камеры происходит недостаточно эффективно. У прикорневой зоны, если полог растений листьев очень плотный, то нижняя часть может начинать гнить. В оранжереи «Лада» растения растут в субстрате, так как использовать гидропонный способ выращивания в оранжереи открытого типа в условиях невесомости проблематично. Из использования в качестве основы для роста растений субстрата вытекает проблема распределения воды внутри субстрата, поскольку некоторые участки пересушены, а некоторые переувлажнены, что отрицательно сказывалось на росте растений.

**Описание конструкции полива растений в космической оранжерее**

Исходя из анализа последних разработок в области космического растениеводства, была предложена конструкция полива растений в условиях невесомости.

Конструкция полива разрабатывалась для оранжереи по выращиванию растений с целью получения семян для дальнейших исследований и наблюдения за ростом растений, а также для изучения свойств различных субстратов.

Предполагается, что в оранжереи будут одновременно произрастать несколько культур растений, соответственно для каждой культуры нужен собственный субстрат. Также необходимо соблюдать индивидуальный режим полива растений различных типов. И обеспечить вентилирование почвы, чтобы избежать проблем с переувлажненным или пересушенным субстратом. А также попытаться таким образом воздействовать на вентилирование ростовой камеры.

На рисунке 3 показан вид устройства полива и аэрации субстрата растений.

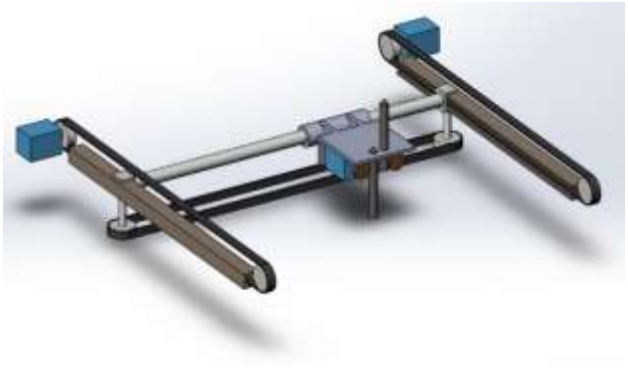


Рисунок 3 – Устройство полива и аэрации субстрата в космической оранжерее

Устройство состоит из двух направляющих, которые крепятся к корпусу теплицы под корневой зоной. По направляющим по средствам ременной передачи перемещается поперечная штанга, на которой ездит каретка с закрепленными на ней трубками с водой и сжатым воздухом. Каретка приводится в движение шаговым двигателем, также с помощью ременной передачи. На рисунке 4 показана каретка с закрепленным на ней оборудованием.

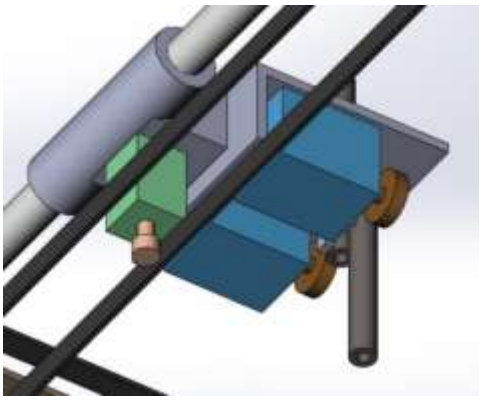


Рисунок 4 – Каретка с закрепленным оборудованием

На рисунке 3 изображены два крайних положения трубок. Они приводятся в движения шаговыми двигателями с помощью реечной передачи. Таким образом, чтобы полить или продуть определенную ячейку необходимо задать ее координаты и выдвинуть соответствующую трубку вверх.

**Заключение**

В ходе проделанной работы были рассмотрены и проанализированы основные виды существующих бортовых оранжерей, а также приведен вариант альтернативной конструкции устройства полива и аэрации корней растений в условиях космического полета.

**Литература:**

1. Курс видео лекций «Космическая биология» [Электронный ресурс] URL: https://www.youtube.com/watch?v=fPgbEVHUXCg&feature=emb_logo
2. Эксперимент «Растения – 2» [Электронный ресурс] URL: https://www.energia.ru/ru/iss/researches/medic/24.html
3. Vegetable Production System [Электронный ресурс] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Vegetable_Production_System

**Literature:**

1. Course of video lectures " Space biology "[Electronic resource] URL: https://www.youtube.com/watch?v=fPgbEVHUXCg&feature=emb_logo
2. Experiment " Plants-2 "[Electronic resource] URL: https://www.energia.ru/ru/iss/researches/medic/24.html
3. Vegetable Production System [Electronic resource] URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Vegetable_Production_System