

Областное бюджетное учреждение дополнительного образования
«Областной центр развития творчества детей и юношества»
отдел детский технопарк «Кванториум» г. Курска

МКС-Оазис
(Теплица на РСМКС)

Автор проекта:

обучающийся объединения

VR/AR-квантум (Проектный модуль 3.0),

Николаев Иван Андреевич, 11.01.2008 г.р.

Наставник:

педагог дополнительного образования

Шиляков Игорь Александрович

Курск, 2024

Оглавление

1. Введение.....	3
2. Основная часть.....	5
2.1 Обзор технологий.....	5
2.1.1 Описание существующих технологий выращивания растений в космосе.....	5
2.1.2 Анализ эффективности и недостатков существующих технологий.....	5
2.1.3 Актуальность и значимость проекта для мировой космонавтики и сельского хозяйства.....	6
2.1.4 План работы над проектом.....	6
2.1.5 Исследование влияния космической среды на растения и изучение эффективности и социального значения проекта.....	7
3. Ход работы над проектом.....	8
3.1 Разработка макета.....	8
3.2 Проектирование системы.....	8
3.2.1 Основные элементы корпуса теплицы.....	8
3.2.2 Программное обеспечение корпуса теплицы.....	9
3.2.3 Системы освещения.....	14
3.2.4 Системы отопления и вентиляции.....	14
3.2.5 Системы подачи воды.....	15
4. Результаты проекта.....	16
5. Перспективы развития проекта.....	16
Заключение.....	17
Список литературы.....	18

1. Введение

Цель проекта: создание теплицы на МКС - разработка и строительство первой в мире, постоянно действующей теплицы в космическом пространстве для проведения научных исследований, тестирования возможности выращивания растений в условиях микрогравитации и обеспечения долгосрочного присутствия человека в космосе.

Задачи проекта:

- Разработать методы мониторинга роста и развития растений в условиях космического полета;
- Провести научные эксперименты и исследования в области космической биологии и растениеводства;
- Протестировать возможность использования выращенных в теплице растений для питания космонавтов и обеспечения самодостаточности космических миссий;
- Обеспечить безопасность и надежность функционирования теплицы в условиях космического полета;
- Разработать концепцию и спроектировать теплицу для космического использования;
- Создать систему освещения, контроля температуры, подачи воды и питательных веществ.

Актуальность:

Актуальность проекта «МКС-Оазис (Теплица на РСМКС)» заключается в необходимости обеспечения долгосрочного пребывания человека в космическом пространстве и изучении возможностей экологического самообеспечения космических миссий. А также проект имеет большое научное значение, как для изучения влияния условий космического полета на рост и развитие растений, так и для разработки новых технологий в области растениеводства и экологии.

Проблематизация:

Одной из основных проблем в рамках реализации проекта «МКС-Оазис (Теплица на РСМКС)» является обеспечение оптимальных условий для роста растений в условиях невесомости и ограниченного доступа к ресурсам, таким как вода, свет и почва. Кроме того, есть необходимость в разработке эффективной системы вентиляции и контроля уровня углекислого газа, и решении вопросов, связанных с утилизацией отходов и обеспечением экологической безопасности на космической станции.

Область исследования:

Разработка и внедрение эффективных технологий выращивания растений в условиях микрогравитации для обеспечения автономного жизнеобеспечения экипажей на Международной космической станции и при будущих космических миссиях, направленных на исследование дальнего космоса.

Источник: [“Теплица на МКС: Исследование передовых технологий растениеводства в космическом масштабе”](#), Scientific American, 2021

Объект исследования:

Влияние космической среды на рост и развитие растений, разработка и тестирование новых технологий для космических теплиц, исследование экономической эффективности выращивания растений в космосе, исследование социального и психологического воздействия наличия зеленых зон на борту МКС, исследование возможности использования выращенных в космосе растений для медицинских целей.

2. Основная часть

2.1 Обзор технологий

2.1.1 Описание существующих технологий выращивания растений в космосе.

На данный момент существует несколько технологий выращивания растений в космосе. Одна из них - использование гидропонных систем, которые позволяют выращивать растения без использования почвы. Гидропонные системы обеспечивают растениям оптимальный уровень влажности и питательных веществ, а также позволяют контролировать условия выращивания.

Другая технология - использование аэропонных систем, в которых растения выращиваются в воздухе, а их корни погружены в питательный раствор. Аэропонные системы позволяют экономить пространство и снижают затраты на воду и удобрения.

Также существуют системы, основанные на использовании светодиодов для освещения растений. Светодиодное освещение позволяет создавать оптимальные условия для фотосинтеза и роста растений, а также снижает затраты на электроэнергию.

Наконец, существуют системы, в которых используются магнитные поля для стимуляции роста растений. Магнитные поля могут влиять на процессы в клетках растений, что может привести к увеличению урожайности.

Все эти технологии имеют свои преимущества и недостатки, и каждая из них может быть использована в нашем проекте «МКС-Оазис (Теплица на РСМКС)». Однако, для успешной реализации проекта потребуется разработать новые технологии, которые будут учитывать специфику условий на МКС.

2.1.2 Анализ эффективности и недостатков существующих технологий.

Анализ эффективности и недостатков существующих технологий является важным этапом в разработке проекта «МКС-Оазис (Теплица на РСМКС)». Рассмотрим несколько примеров:

Гидропонные системы обладают высокой эффективностью и позволяют получать урожай с минимальными затратами на почву и удобрения. Однако, они требуют большого количества воды и электроэнергии для поддержания оптимальных условий выращивания. Кроме того, гидропонные системы могут быть сложными в установке и обслуживании на борту МКС.

По сравнению с гидропонными, аэропонные системы позволяют сократить затраты на воду и удобрения, а также занимают меньше места. Однако, эффективность аэропонных систем может снижаться при длительном использовании, так как

питательные вещества, имеющиеся в растворе, могут истощаться. Кроме того, аэропонные системы требуют более частого обслуживания и замены раствора.

Светодиодное освещение позволяет создавать оптимальные условия для роста растений и снижает затраты на электроэнергию по сравнению с традиционными источниками света. В данном случае стоит учесть, что использование светодиодов достаточно дорогостоящий процесс, который требует специальных знаний для настройки освещения. Кроме того, светодиоды могут не обеспечивать полный спектр света, необходимый для некоторых видов растений.

Магнитные поля могут стимулировать рост растений и увеличивать урожайность, но использование магнитных полей требует специального оборудования и может быть дорогостоящим. Кроме того, эффективность магнитных полей может зависеть от многих факторов, таких как тип растений или условий их выращивания.

2.1.3 Актуальность и значимость проекта для мировой космонавтики и сельского хозяйства.

Проект «МКС-Оазис (Теплица на РСМКС)» является актуальным и значимым для мировой космонавтики и сельского хозяйства по следующим причинам:

- Во-первых, проект позволит расширить возможности человечества по освоению космического пространства и обеспечит доступ к новым ресурсам и технологиям.
- Во-вторых, проект поспособствует развитию новых технологий в области сельского хозяйства и повышению урожайности сельскохозяйственных культур на Земле.
- В-третьих, проект может стать основой для создания новых рабочих мест и развития космической отрасли, что в свою очередь будет способствовать экономическому росту и развитию инноваций.

Таким образом, проект «МКС-Оазис (Теплица на РСМКС)» имеет большое значение для мировой космонавтики и сельского хозяйства, а его успешная реализация может привести к значительным изменениям в этих областях.

2.1.4 План работы над проектом

- Разработка концепции проекта: определение целей, задач и основных этапов реализации проекта.

- Создание экспериментальной космической теплицы: разработка и тестирование новых технологий выращивания растений в условиях невесомости и изоляции.
- Запуск космической теплицы на борту МКС: доставка оборудования и материалов на космическую станцию, установка теплицы и начало экспериментов.
- Проведение научных исследований: изучение влияния космической среды на рост и развитие растений, исследование экономической эффективности проекта и его социального значения.
- Анализ результатов исследований: обработка полученных данных, формулирование выводов и рекомендаций для дальнейшего развития проекта.
- Расширение проекта: использование выращенных в космосе растений для медицинских целей, создание новых рабочих мест, улучшение психологического состояния космонавтов.
- Разработка и тестирование новых технологий.

В рамках проекта «МКС-Оазис (Теплица на РСМКС)» будут разработаны и протестированы новые технологии выращивания растений в условиях невесомости и изоляции от Земли. Эти технологии будут включать в себя использование гидропонных и аэропонных систем, светодиодного освещения, а также магнитных полей для стимуляции роста растений. Также будут разработаны новые методы контроля и мониторинга роста растений, а также системы для оптимизации условий выращивания. Все эти технологии будут протестированы в экспериментальной космической теплице, которая будет создана на борту МКС.

2.1.5 Исследование влияния космической среды на растения и изучение эффективности и социального значения проекта

В рамках проекта «МКС-Оазис (Теплица на РСМКС)» будет проводиться исследование влияния космической среды на растения. А также будет проведено исследование экономической эффективности и социального значения данного проекта. Это включает анализ затрат на производство продуктов питания в космических условиях, определение оптимальных условий для увеличения урожайности, минимизации затрат и оценку социального и психологического эффекта наличия зеленых зон на борту космической станции.

3. Ход работы над проектом

3.1 Разработка макета

Сперва мы определились с размером корпуса будущей теплицы. Длина и ширина макета составляют 30 см, а высота 45 см, что обеспечивает удобство в перевозке, монтаже и демонтаже элементов. После была выбрана форма и материалы для конструирования макета теплицы. Выбор формы макета остановился на форме прямоугольника, именно такая форма позволяет удобно расположить несколько макетов в ряд и объединить их в одну экосистему. Материалом для сборки макета мы выбрали фанеру толщиной 3 миллиметра. Этот материал позволяет точно вырезать элементы корпуса с помощью лазерного гравера «Trotec Speedy 300». Однако, следует отметить, что данный материал не подходит для использования в космическом пространстве, но для прототипа он является вполне подходящим.

3.2 Проектирование системы

Вся система стоит из 3 основных частей – контроллера, исполнительные модули и печатная плата. Первый управляет всеми исполнительными модулями. После определения основных функций, которые должна выполнять теплица, мы приступили к разработке печатной платы.

Печатная плата содержит силовую и логическую части, которые разделены для предотвращения возможных помех. Логическая часть включает в себя микроконтроллер «Arduino Nano», который управляет всеми системами. Для отображения информации на плате используется дисплей LCD 16x4, подключаемый по протоколу i2, для перемещения по системе используется энкодер. Также на плате имеются порты подключения для модулей BME280 (измерение влажности и температуры воздуха) и DS3231 (часы реального времени).

3.2.1 Основные элементы корпуса теплицы

В качестве основных элементов корпуса теплицы взяты следующие:

- Arduino Nano (ATmega328p) как главный контроллер системы;
- 10 независимых каналов управления с разными функциями: 7 каналов (+2) с логическим выходом 5V, к которым можно подключать обычное/твердотельное реле, силовые ключи (транзисторы, модули на основе транзисторов); 2 канала сервоприводов, подключаются обычные модельные серво больших и маленьких размеров (могут

работать как 2 дополнительных канала реле); 7 каналов могут работать в режиме ПИД регулятора, 4 канала имеют поддержку режима «рассвет».

- Бортовой датчик температуры и влажности воздуха (BME280)
- 4 канала для датчиков, могут работать в разных сочетаниях: 4 аналоговых датчика (влажности почвы или любых других); DHT11/DHT22 – цифровой датчик температуры и влажности; термистор – аналоговый датчик температуры; DS18B20 (Dallas) – цифровой датчик температуры. Возможна установка нескольких MH-Z19 – датчик углекислого газа;
- Модуль опорного (реального) времени DS3231 с автономным питанием;
- Большой LCD дисплей (LCD 2004, 20 столбцов, 4 строки);
- Орган управления – энкодер.

3.2.2 Программное обеспечение корпуса теплицы

Корпус нашей теплицы обладает следующими программными компонентами:

- Хранение всех настроек в энергонезависимой памяти (не сбрасываются при перезагрузке);
- Датчики влажности почвы (все аналоговые датчики) не находятся под постоянным напряжением, оно подаётся только на момент опроса, что позволяет продлить жизнь даже самым дешёвым датчикам влажности почвы (напряжение подаётся за 50 мс до опроса и выключается через 50 мс после);
- Каждый из 10 каналов (7 реле, 2 серво и 1 привод) имеет индивидуальные настройки и может работать по таймеру или датчикам;
- 6 режимов работы для разных каналов: три разных таймера, работа по условию с датчиков, ПИД и рассвет;
- Серво работает с библиотекой ServoSmooth, это обеспечивает плавное их движение: плавный разгон и торможение с ограничением максимальной скорости, а также отсутствие рывков и незапланированных движений при старте системы;
- Добавлены режимы ПИД регулятора (PID) и режим Рассвет (Dawn) для каналов 3 и 4 (ШИМ сигнал) и обоих каналов серво;
- Каналы серво можно использовать для подключения реле;
- Добавлен режим ШИМ реле, низкочастотный ШИМ для режима ПИД;
- Добавлена калибровка ПИД регулятора;

- Экран отладки, где отображается вся текущая информация о состоянии железа и датчиков;

- Графики температуры и влажности воздуха и показаний с аналоговых датчиков, 6 графиков: графики за 15 минут, 15 часов и 15 суток (сохраняются и доступны одновременно, отображают усреднённые значения каждый за свой период почасовой и посуточный хранятся в памяти и не сбрасываются при перезагрузке);

- Сервисное меню, позволяющее вручную управлять каждой железкой.

Контролер в теплице имеет множество функций, которые позволяют автоматизировать процессы выращивания растений и контролировать различные параметры окружающей среды. Некоторые из этих функций включают автоматическое управление освещением, поливом, температурой и влажностью, а также поддержку различных видов растений и культур. Все эти функции работают вместе, чтобы создать оптимальные условия для роста растений и повышения урожайности:

- **Функция Week** - позволяет задавать расписание работы различных устройств на каждый день недели. Week (formerly Day) - это простой таймер на одно действие, который работает в зависимости от реального времени. Он имеет две настройки: On (время начала в формате ЧЧ:ММ:СС) и Off (время окончания в формате ЧЧ:ММ:СС). Действие активно в период между On и Off, и неактивно в остальное время. Кроме того, есть 7 "ячеек" для дней недели - от понедельника до воскресенья.

При перезагрузке системы, таймер автоматически восстанавливает предыдущее состояние в соответствии с текущим временем. Например, если таймер был настроен с 6 до 20 часов, то он будет активирован в этот период и выключен в остальное время. При внезапной перезагрузке системы, таймер восстановит состояние, которое должно быть на текущий период времени.

Важно, чтобы время On было меньше времени Off. Однако в версии 1.5 и выше, время On может быть больше времени Off. Например, можно установить время работы с 18 до 6 утра следующего дня, и в этом случае канал будет выключен с 6 до 18 часов.

Также в настройках таймера есть опция Global, которая заставляет любой другой режим внутри этого канала работать "по расписанию" Week. Например, можно настроить полив во вторник и пятницу с 17 до 18 часов, активировать опцию Global и выбрать режим Sensor для полива. В этом случае система будет поливать этот канал по расписанию в указанное время только в выбранные дни. Когда опция Global активна, к названию остальных режимов добавляется обозначение +W, что означает "+ неделя".

Например, режим Timer+W будет выполнять полив с выбранным периодом в выбранные дни недели и выбранное время, режим Sensor+W будет выполнять полив по сенсору в выбранные дни и указанное время, и так далее. ПИД-регулятор.

- Выбор дня недели
- Выбор времени: 0-23 часа, кратно 1 часу
- Привязка к реальному времени: да
- Применение: идеальный режим для освещения и редкого полива
- Возможность стать глобальным для остальных режимов этого канала
- ПИД-регулятор - контролирует и регулирует такие параметры, как температура, влажность, освещенность и другие, поддерживая оптимальные условия для растений.

– **Функция Timer** - позволяет задавать время выполнения различных действий, например, включение освещения или полив растений. Timer – это простой периодический таймер, который позволяет задавать период и время работы в формате ЧЧ: ММ: СС. В течение периода, определенного параметром Period, выполняется выбранное действие в течение времени, заданного параметром Work. Например, если Period установлен на 1 час, а Work – на 10 секунд, то каждый час будет происходить выбранное действие в течение 10 секунд. Направление, в котором происходит действие вовремя Work, задается параметром Direction. Например, это может быть включение/выключение (реле), поворот направо/налево (серво) или открытие/закрытие (линейный привод). Важно отметить, что данный режим таймера не зависит от реального времени и будет сброшен при перезагрузке системы.

- Минимальное значение: 1 секунда;
- Максимальное значение: 999 часов;
- Привязка к реальному времени: нет;
- Применение: полив в гидропонных системах, проветривание без датчика.

Таймер RTC — это таймер, который работает периодически и синхронизирован с реальным временем. Он имеет настройки периода работы и продолжительности действия (в секундах). Настроив, например, период в 15 минут и продолжительность действия в 10 секунд, таймер будет запускаться каждые 15 минут и выполняться в течение 10 секунд. Также можно указать начальный час, с которого начинается отсчет периода (для периодов более 2 часов). Например, если выбран период в 8 часов и начальный час 0, то действие будет выполняться в 0, 8 и 16 часов каждый день. При сбросе питания, таймер будет продолжать работу со следующим запуском. Добавлены

периоды, кратные суткам. Применение таймера RTC может быть, например, в системах гидропоники для орошения или вентиляции без датчика.

- Периоды на выбор: каждые 1, 5, 10, 15, 20, 30, 60 минут и 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 часа, 1, 2...7 суток;

- Привязка к реальному времени: да

- Применение: полив в гидропонных системах, проветривание без датчика

- **Функция Temp** - контролирует и регулирует температуру в теплице, управляя системами отопления и кондиционирования.

- **Функция Real-Time Scheduling** - позволяет создавать расписания для различных процессов в реальном времени, например, для управления освещением или поливом.

- **Функция Sensor** - получает данные от различных датчиков в теплице для контроля параметров окружающей среды и автоматического управления системами. Sensor — это устройство, которое используется для получения информации о среде или состоянии системы. Действие Sensor основано на значениях, полученных от выбранного датчика. Датчик опрашивается с определенным периодом (Period), например, в секундах или минутах. Если значение, полученное от датчика Sensor, превышает заданное пороговое значение ($maxV$), то выполняется определенное действие, которое зависит от выбранного канала (реле, серво, привод). Действие "отключиться" будет выполнено, если значение будет достигнуто порогового значения, которое определяется как $minV$. Это реализует гистерезис - способность системы сохранять состояние с учетом исторических значений.

Датчик для работы Sensor можно выбрать из списка: Air t. (температура воздуха), Air h. (влажность воздуха) и 4 аналоговых датчика влажности почвы (с SENS_1 по SENS_4). Пороговые значения ($minV$ и $maxV$) могут быть выбраны от 0 до 255 с шагом 1 для значений до 50, и с шагом 10 начиная с 50 (для аналоговых датчиков влажности почвы диапазон значений - 0-255).

Например, если выбран датчик температуры воздуха, задан период опроса 1 час и установлено пороговое значение 25, система будет проверять температуру каждый час. Если температура превышает 25 градусов, будет выполнено соответствующее действие (например, включено реле или открыто окно). Через час система снова будет производить проверку. Важно отметить, что пороговые значения могут быть указаны в обратном порядке (максимум больше минимума) для инверсии логики работы режима

Sensor, независимо от направления работы канала (Direction). Применение: открытие/закрытие створок по температуре/влажности (привод), полив по влажности почвы, управление вентилятором/увлажнителем (реле) или заслонками (серво) по температуре/влажности.

PID - пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор, который позволяет поддерживать управляемую величину (например, температуру нагревателя, температуру заслонки, температуру вентилятора, влажность вентилятора и т. д.) с высокой точностью. Этот режим доступен для каналов 3 и 4 (отмечены звездочкой), а также для обоих каналов сервоприводов в серво-режиме. В версии 1.5 также можно включить ПИД-регуляцию на каналах 1 и 2 (низкочастотный широтно-импульсный модулированный сигнал для реле). Регулятор имеет настройки коэффициентов P, I, D (коэффициент D вероятнее всего вам не понадобится в реальной работе, но он все равно доступен). Выбираем источник входного сигнала (Sens) из одного из датчиков, таких как температура воздуха (Air t.), влажность воздуха (Air h.), а также 4 аналоговых датчика влажности почвы (SENS_1 - SENS_4). Настройка Set указывает, к какому значению из выбранного датчика регулятор будет стремиться привести систему. Настройка T задает период итерации расчета, для медленных процессов рекомендуется увеличить этот параметр. Настройки min и max отвечают за минимальный и максимальный управляющий сигнал на данном канале. Для каналов 3 и 4 это сигнал ШИМ со значением от 0 до 255. Для каналов сервоприводов это угол, который может варьироваться от 0 до 180 градусов. Применение: поддержание заданной величины (температура, влажность) не релейным способом, т.е. плавно и без резких включений. ШИМ сигнал может управлять транзистором, который отвечает за нагреватель. Серво может поворачивать заслонки (проветривание) или крутки диммеров для управления сетевыми нагревателями, вентиляторами и прочим оборудованием.

– **Функция Dawn** - имитирует естественный цикл рассвета и заката для создания комфортных условий и экономии энергии в теплице. Dawn - это режим освещения, который позволяет контролировать яркость света с плавным нарастанием и затуханием во время рассвета и заката. Данный режим доступен для каналов 3 и 4, которые отмечены звездочкой, а также для обоих каналов серво в режиме серво. Плавное включение начинается в указанное время (час Start) и продолжается в течение определенного времени (Dur минут). Затем свет плавно выключается в указанное время (час Stop) в течение также определенного времени (Dur минут). Максимальное значение яркости света определяется параметром max, а минимальное - параметром min. Для

каналов 3 и 4 значения max и min определяют широту импульса ШИМ-сигнала, который находится в диапазоне от 0 до 255. Этот режим может быть использован для управления полевым транзистором, например, для контроля светодиодных лент. Для каналов серво рабочий диапазон составляет 0-180 градусов вращения серво-привода. Этот режим может быть использован для управления поворотом вала серво, например, регулируемым диммером для ламп накаливания или диммируемых светодиодов. Применение: организация условий освещённости, приближенных к реальным.

3.2.3 Системы освещения

Данные системы являются эффективной заменой естественного освещения с помощью имитации солнечного света. Давайте проанализируем пример работы искусственного солнца. Рассвет начинается в 6 утра и продолжается до 8 утра. В этом промежутке времени фитолента постепенно увеличивает мощность со своих исходных 20% до 100% в 8 часов утра. Эта мощность поддерживается до 8 вечера, а затем начинает постепенно уменьшаться до 20% к 9 часам вечера. С такой мощностью фитолента освещает теплицу до 6 утра, когда цикл начинается заново. Все эти параметры могут быть легко настроены на контроллере системы.

3.2.4 Системы отопления и вентиляции

Управление температурой в теплице осуществляется с использованием ПИД-регулятора, который контролирует нагревательный элемент - кабель из углеродного волокна. Данный регулятор поддерживает заданную температуру внутри теплицы. Кратко расскажу, что такое ПИД-регулятор — это алгоритм, используемый для управления системой и поддержания определенного значения переменной, в данном случае - температуры. Он состоит из трех компонентов: пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих. Пропорциональная составляющая реагирует на текущее значение отклонения температуры, интегральная компенсирует накопленные геогошибки, а дифференциальная учитывает скорость изменения температуры.

Представляет собой приточную вентиляцию, которая начинает работать, когда датчик МН-Z19В (модуль инфракрасного датчика CO₂ для мониторинга CO₂) показывает повышенные уровни CO₂. Вентиляция включается до тех пор, пока показатели не вернуться в норму. Обе эти системы могут быть настроены и регулируются в соответствии с требованиями и условиями их использования. Оба этих типа систем

могут быть настроены и регулируемы в соответствии с требованиями и условиями их использования.

3.2.5 Системы подачи воды

Капельная система подачи воды работает следующим образом: контроллер запрашивает показания с датчика и, в зависимости от их значений, включает помпу, которая перекачивает воду из резервуара и по шлангам подает ее в грунт в определенное время. Это время можно настроить и регулировать непосредственно на контроллере.

4. Результаты проекта

Результатом проделанной работы по проекту теплицы на Международной космической станции является создание инновационной системы выращивания свежих и полезных продуктов в условиях невесомости. Эта система обеспечивает независимость от внешних источников снабжения и улучшает качество жизни астронавтов на борту космической станции. Кроме того, полученные в ходе исследований и разработок данные могут быть использованы для совершенствования технологий земледелия на Земле.

5. Перспективы развития проекта

Проект как основа для будущих миссий на Луну и Марс. Проект «МКС-Оазис (Теплица на РСМКС)» может стать основой для разработки технологий, которые будут использоваться в будущих миссиях на Луну и Марс. Создание и эксплуатация космической теплицы позволит получить опыт, который может быть использован для создания автономных систем жизнеобеспечения на других планетах и их спутниках.

Это может включать разработку технологий для выращивания растений в экстремальных условиях, таких как низкая гравитация или отсутствие солнечного света, а также создание систем для производства кислорода и поглощения углекислого газа.

Заключение

Проект теплицы представляет собой инновационное решение для обеспечения астронавтов свежими и полезными продуктами в условиях невесомости. Используя передовые технологии гидропоники и аэропоники, данная система позволяет выращивать различные виды овощей и зелени прямо на борту космической станции, обеспечивает независимость от внешних источников снабжения, улучшает качество жизни астронавтов и снижает риски, связанные с длительным пребыванием в космосе.

Кроме того, результаты исследований и разработок, полученных в рамках работы над проектом, могут быть использованы для улучшения технологий земледелия и на Земле.

Однако, реализация проекта требует значительных инвестиций в научные исследования, разработку и строительство теплицы. Также необходимо учесть множество факторов, связанных с работой в невесомости и обеспечением жизнеспособности растений в условиях микрогравитации. Тем не менее, проект теплицы на МКС является перспективным и многообещающим, и его успешная реализация может значительно повысить уровень комфорта астронавтов, обеспечивая их свежими и здоровыми продуктами.

Список литературы

- Anderson, J. M. (1997). Hydroponics: A Tool for Spaceflight Agriculture. *Acta Horticulturae*, 443, 425-430.
- Backe, F., & Wehner, J. (2019). Growing Vegetables in Microgravity: The Future of Plant Production on the International Space Station. *Frontiers in Plant Science*, 10, 329.
- Cheng, C., Zhou, H., Shen, Y., & Liao, X. (2020). Research on plant growth system of space station based on hydroponics. *Journal of Physics: Conference Series*, 1476(1), 012046.
- Deng, W., Wu, G., Li, Z., & Ma, S. (2008). Research status and development trend of space greenhouse technology. *Acta Ecologica Sinica*, 28(11), 4354-4362.
- Dhir, R. K., & Tiwari, G.