

Всероссийский конкурс «ЮННАТ»

Номинация: «Юные Тимирязевцы»

Разработка, расчёт и оптимизация параметров оранжереи как источника питания во время межпланетной экспедиции

ГОЛУБ Тимофей Дмитриевич,
Краснодарский край, г.Краснодар

МБОУ СОШ № 100, 7 класс

Научный руководитель:

Буштец Наталья Фёдоровна,

учитель математики

Краснодар, 2020

«Разработка, расчёт и оптимизация параметров оранжереи как источника питания во время межпланетной экспедиции»

Голуб Т.Д.

Россия, Краснодарский край, город Краснодар, МБОУ СОШ №100, 7-«Е» класс

1. Введение

«Земля – это колыбель разума, но нельзя вечно жить в колыбели. Будущее человечества — в Космосе!»

Константин Циолковский.

Четко осознав свое предназначение в жизни, поставив для себя цель, вот уже несколько лет я готовлюсь войти в состав межпланетной экспедиции. Экспедиция на Марс (начиная от полёта к нему, заканчивая присутствием на его орбите или поверхности человека) означает, что вплоть до нескольких лет может не быть поставок кислорода, продовольствия, медикаментов, оборудования, топлива. Восполнение всего этого необходимо предусмотреть.

Способы обеспечения жизнедеятельности человека в дальних космических экспедициях разрабатывались К.Э.Циолковским еще в начале прошлого столетия, но **актуальность** этой темы не только не потеряна, а даже возросла в настоящее время. Россия, США и ряд других космических держав объявили о своих намерениях осуществить в ближайшем будущем экспедицию на Марс. В декабре 2018 года сетевое издание «РИА Новости» сообщило о том, что Российские академики приступили к разработке и созданию космической оранжереи для экспериментальной отработки режимов конвейерного выращивания растений на борту Международной космической станции. Предполагается, что новая установка позволит выращивать в космических условиях салат и морковь.

Так почему же и мне не попробовать свои силы в разработке космической оранжереи?

Цель – разработка проекта космической оранжереи для экипажей внутри космического корабля, орбитальной станции или станции на поверхности планеты. А также: опытным путём, с использованием подручных материалов, апробировать некоторые принципы работы оранжереи в земных условиях.

Объектом исследования станут несколько вариантов проектируемых решений космической оранжереи. **Предметом** исследования будут обеспечивающие работу оранжереи системы (освещение, корневое снабжение и тд). **Итогом** работы станут предложения по оптимизации конструкции и режима работы оранжереи с учетом жесткого ограничения по энергопотреблению и объему.

Задачи

- Изучение и анализ необходимых условий для роста и развития растений;
- Разработка модели посадочной поверхности и принципа работы космической оранжереи;
- Расчет количества материалов необходимых для предложенной модели космической оранжереи;
- Оптимизация модели с учетом экономии занимаемого пространства и используемых материалов;
- Апробация разработанной методики посева растений в наземных прототипах оранжереи;

Гипотеза: предположу, что в рамках исследовательской работы мне удастся не только придумать и описать принцип работы космической оранжереи, но и оптимизировать его.

Методы исследования, используемые в данной работе: моделирование, анализ, прямое и косвенное наблюдения, сравнение, измерение, эксперимент.

2. Изучение и анализ необходимых условий для роста и развития растений

Условия внутри космического корабля, орбитальной станции или станции на поверхности Марса значительно отличаются от Земных. На Марсе, к примеру, это повышенная радиация, мощные пылевые бури, очень низкое атмосферное давление, практически полное отсутствие в атмосфере кислорода и водяного пара, резкие перепады температуры в течение суток и года, а также средняя температура ниже примерно на 40°C. Поэтому без создания там нужных условий живые существа и растения не способны существовать.

Для выращивания растений в целях производства еды, некоторых лекарств, кислорода, топлива и даже компонентов для производства одежды необходимо строить оранжереи.

Согласно Большому энциклопедическому словарю, оранжерея – это застеклённое помещение для выращивания и содержания растений (не выдерживающих на открытом воздухе климата данной местности) в определённых условиях *влажности, температуры и освещения*. Каждое слово этого определения как нельзя лучше подходит для системы, которую предстоит создать на поверхности Марса.

Исходя из анализа условий, основные жизненные функции растений в космической оранжерее будут обеспечивать следующие системы: система освещения; система терморегулирования; система корневого снабжения (влаги, питательные вещества) и корневой аэрации; система регулирования состава воздушной среды.

3. Разработка модели посадочной поверхности и принципа работы космической оранжереи

Разработанная нами модель оранжереи представляет собой ёмкость с настраиваемым режимом температуры, освещения и влажности. По определённой методике по специальным каналам туда поступает посадочный материал (семена растений), питательная среда, вода, углекислый газ. На выходе: растения (урожай) и кислород.

Внутри такой оранжереи находится система лотков, подвешенных на специальном эскалаторе, который перемещает лотки по замкнутому контуру.

Своё путешествие лоток начинает с исходной позиции, на которой он наполняется питательной средой и в него высаживаются семена растений. По мере продвижения лотков семена всходят, растения растут, развиваются, дают урожай, при этом происходит автоматический полив и освещение. В конце путешествия лотков, собирается урожай, смена питательной среды и процесс начинается заново. Процессы максимально автоматизированы, работать человеку внутри оранжереи не требуется (только в случае возникновения нештатных ситуаций).

Для наглядной демонстрации функционирования моей модели оранжереи я решил взять процесс выращивания салата. Салат обладает богатым витаминно-минеральным составом, в котором присутствуют: витамины группы В, С, а также калий, кальций, сера, йод, фосфор. Вдали от Земли выращивание и употребление его в пищу очень важно для восполнения необходимых элементов в организме человека. К тому же у салата сравнительно небольшой срок выращивания, по истечении которого его можно употреблять в пищу.

Итак, по порядку. Я взял усреднённые показатели при выращивании салата. Время от посева семян до появления всходов составляет 5 дней. Минимальная температура, необходимая для прорастания 2-3°C. Количество дней от всходов до уборки урожая составляет 55 дней. Температура, необходимая салату для роста и развития, составляет в светлое время 15-20°C, а в тёмное 8-10°C. Продолжительность светового дня должна быть не более 12 часов в сутки, так как при более продолжительном салат перестанет давать сочную листву и перейдёт на стадию цветения.

Для простоты и удобства описания принципа работы я беру оранжерею с 60 лотками. Перемещение их будет происходить со скоростью 1 лоток в сутки, то есть ровно через 60 дней лоток окажется на исходной позиции, совершив путешествие по замкнутому конвейеру.

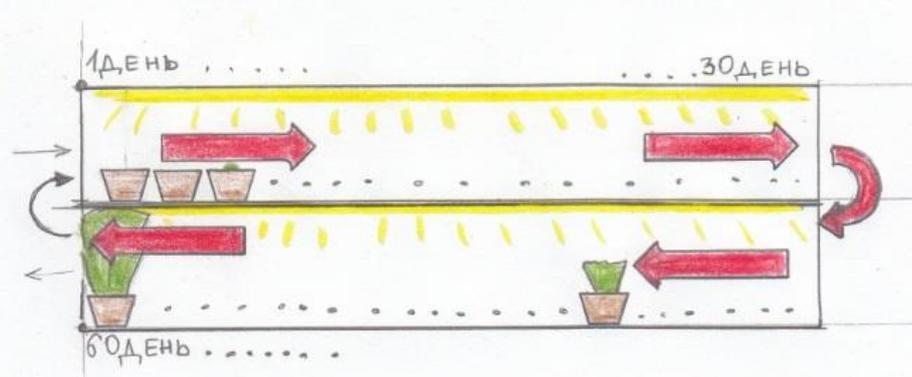


рис.3.1

Длину лотков принимаю за 1 метр, ширину и глубину – 20 сантиметров. В лоток высаживается 4 семени салата на равном удалении друг от друга. При всхожести семян близкой к 100 % из них вырастет около 1 килограмма листьев салата.

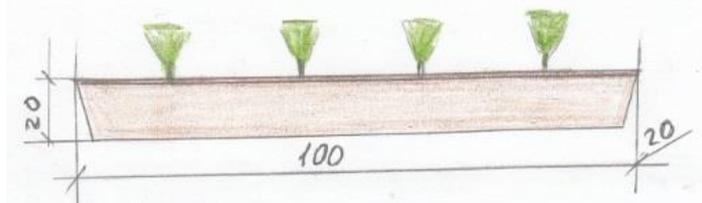


рис.3.2

Достаточно 1 раз настроить режим температуры, влажности и освещения, которые оптимально подходят для салата и такая оранжерея, спустя 60 дней, будет давать до 1 кг салата ежедневно. Схематично процесс представлен на рисунке, выполненном мной с применением графического редактора.

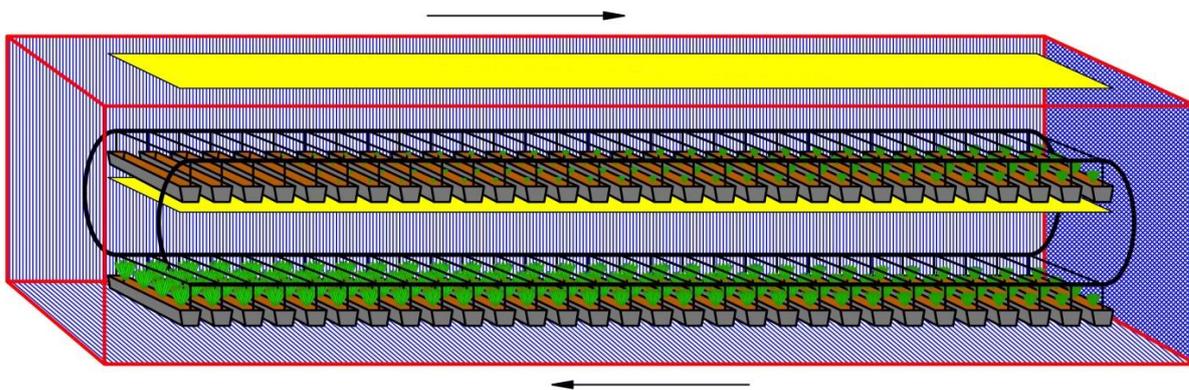


рис.3.3

На рисунке видно, что первые пять лотков без всходов. Начиная с шестого (на шестой день цикла), появляются всходы и по мере передвижения, размер растений увеличивается. На последней позиции размер растений максимальный, там их собирают и процесс начинается заново.

В зависимости от рациона питания, находящейся на Марсе экспедиции, размер и условия выращивания растений может значительно различаться, поэтому следует предусмотреть несколько типовых оранжерей различных по размерам лотков, их количеству и, соответственно, внешними габаритами оранжереи. Учитывая изложенное, а также возможные сложности при технической реализации представленной мной модели оранжереи, предлагаю несколько её вариантов. Принцип работы у всех подобный, основное отличие – в соотношении пропорций размеров. Лотки размещаются не в 2 ряда друг над другом, в 4, можно и больше. Или лотки размещаются в 1 ряд, что уменьшит высоту оранжереи, но увеличит площадь её размещения.

Варианты оранжерей представлены на следующих рисунках.

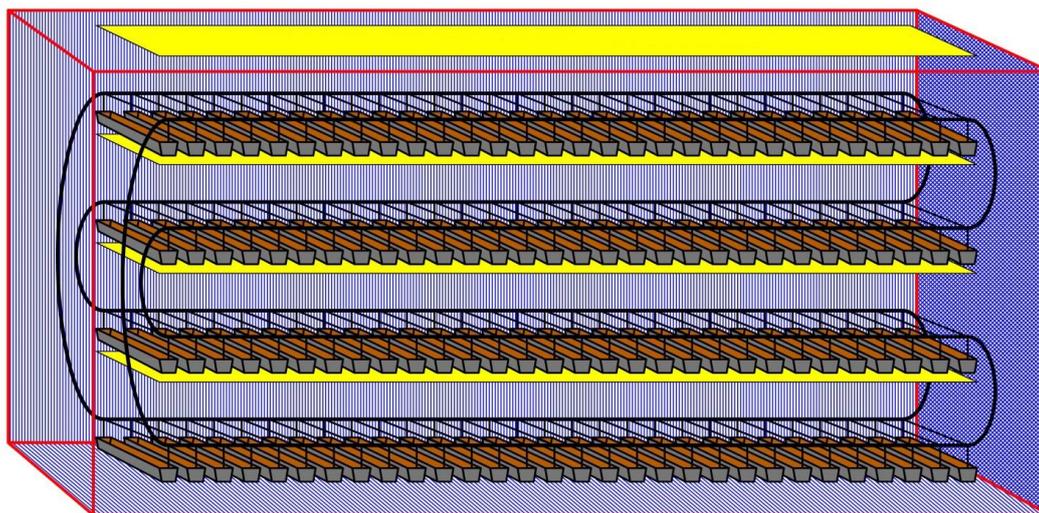


рис.3.4

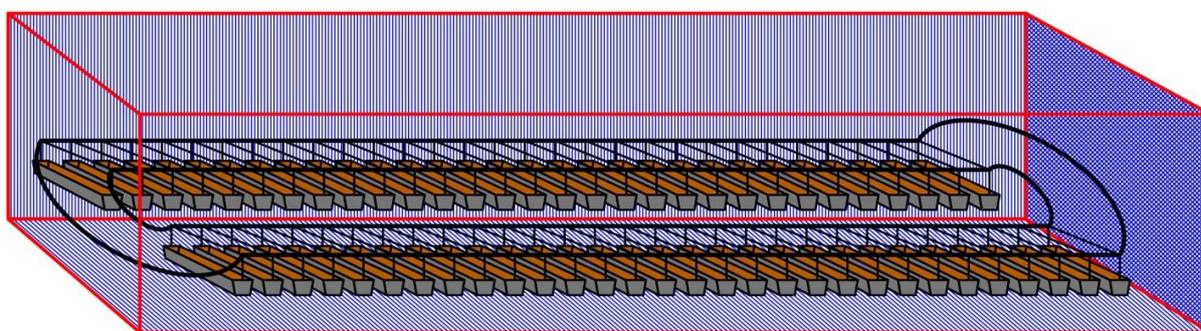


рис.3.5

4. Расчет материалов необходимых для предложенной модели космической оранжереи и её оптимизация

Так как поверхность и атмосфера Марса являются чуждыми для Земных растений, придётся все компоненты для строительства и функционирования оранжереи привезти с собой с Земли (во всяком случае, на начальном этапе). Это относится не только к строительным материалам, но и к воздуху, воде, питательной среде для растений.

Рассмотрим варианты оптимизации предложенной модели космической оранжереи по параметрам массы и габаритных размеров, а соответственно и по ресурсопотреблению.

1 лоток будет вмещать $100*20*20 = 40000$ (куб.см) почвы (либо специального наполнителя), 60 лотков – это 2 400 000 (куб.см) – 2,4 кубических метра наполнителя.

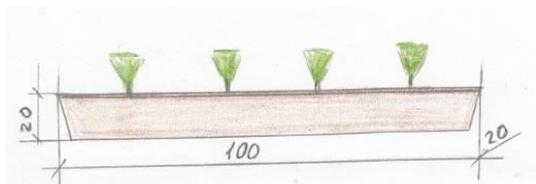
Приобрету в овощном магазине уже готовый, выращенный салат. Он очень удобен в исследовательских целях, так как продается в специальном горшочке. С помощью линейки проведу необходимые измерения.



рис.4.1

Рассчитаю объем почвы в цилиндрическом горшочке $V=\pi R^2h, V=3,14*9*5=170$ куб.см.

Сделаю вывод, что для произрастания одного куста салата достаточно 170 куб.см наполнителя, для четырех кустов – 680 куб.см, что в 59 (!) раз меньше, чем мы бы использовали в лотке, предложенном для посадки первоначально. То есть, наполнителя одного лотка, предложенного на рисунке 3.2, хватит на запуск практически всего 60-ти дневного цикла оптимизированной конвейерной оранжереи.



40000 куб.см



рис.4.2

680 куб.см

*** Вывод: использование лотков необходимо заменить на емкости типа горшочков высотой 5см и диаметром 6 см.**

Изучая приобретенный салат, понимаю, что сочная, пышная листва выросла не из одного, а из четырех семян.



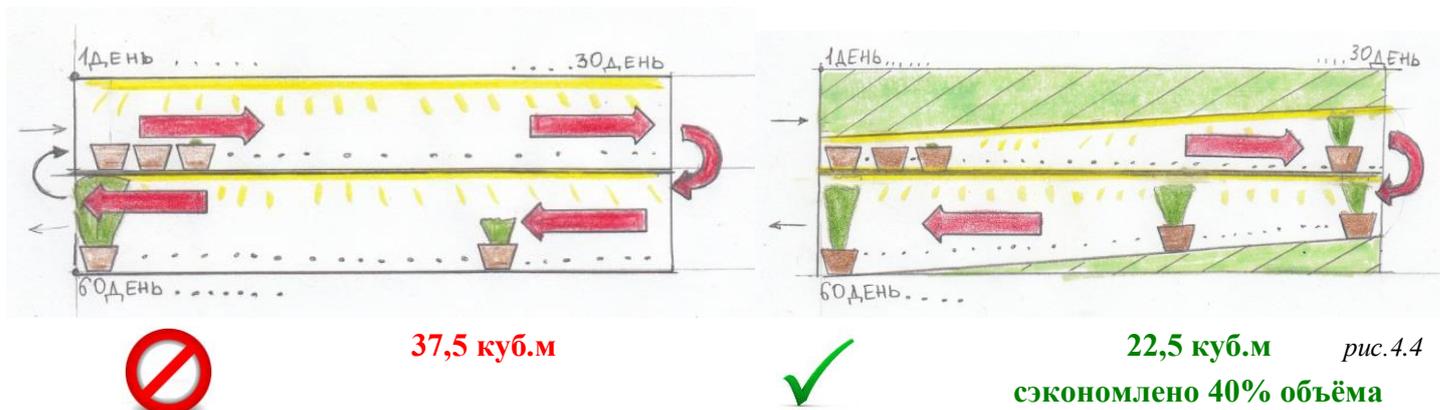
рис.4.3

*** Вывод: для получения пышной зелени салата, для посадки необходимо использовать одновременно 4-5 семечек салата.**

Вернусь к определению самого понятия «оранжерея». Оранжерея – это некое ограниченное, защищенное от внешних неблагоприятных воздействий пространство, а в случае с космической оранжереей – это еще и жесткая экономия занимаемого, а, следовательно, и обслуживаемого пространства.

Следующий этап оптимизации – уменьшение габаритных размеров конструкции. Предположу, что это позволит существенно экономичнее использовать жизнеобеспечивающие системы.

Ориентировочные размеры предложенной мной изначально установки (без учёта технологических элементов): длина – 10 м, ширина – 1,5 м, высота – 2,5 м. Объем конструкции, соответственно получается – 37,5 кубических метров. Высота от посадочной поверхности до элементов освещения на протяжении всего цикла остается постоянной, однако, растение на протяжении всего периода вегетации увеличивается в высоту, значит, в период с 1 по 60 день роста, высоту «потолка» можно сделать изменяемой пропорционально росту растения. Покажу этот элемент оптимизации на следующей схеме.



*** Вывод:** для уменьшения объёма космической оранжереи, в целях экономии системных ресурсов целесообразно сделать ее высоту изменяемой (увеличивающейся) в период всего роста растений.

Система корневого снабжения (влага, питательные вещества) в предложенной на рисунке 3.3 модели оранжереи предусматривалась как некий трубопровод вдоль держателей лотков, и её расположение детально не прорабатывалась, так как изначально модель была создана для описания принципа работы проектируемой конструкции и дальнейшего ее детальной доработки и совершенствования.

Рассмотрю оптимизацию предложенной космической оранжереи с точки зрения рационального размещения системы корневого снабжения и аэрации.

Предложу рассматриваемую систему поместить под посадочными горшочками, как показано на схеме.

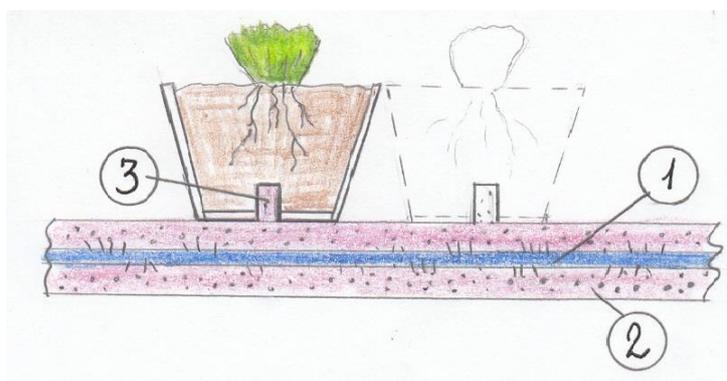


рис.4.5

Предположу, что существенно упростит процесс корневого снабжения и аэрации при выращивании растений следующая схема их посадки.

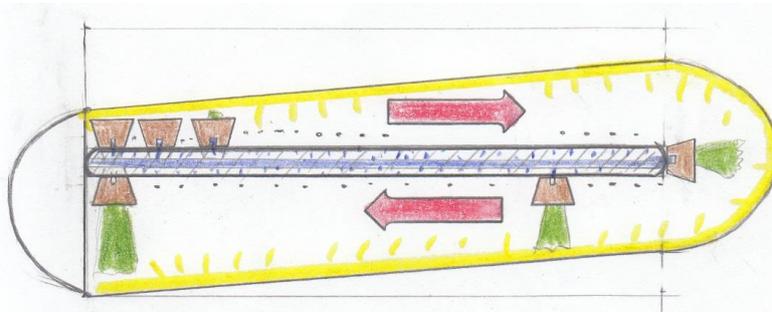


рис.4.6

Анализируя предложенную схему посадки, прихожу к выводу о необходимости разработки специального крепления горшочков на плоскости и приспособления для сохранения их внутреннего наполнения. В домашних условиях я планирую решить проблему с высыпанием грунта из перевернутого горшочка натягиванием сверху его поверхности марлевой ткани, которая предотвращает рассыпание содержимого емкости, одновременно позволяя растению свободно всходить.

5. Апробация разработанной методики посева растений в наземных прототипах оранжереи

В процессе поиска оптимального конструктивного решения космической оранжереи, меня особо заинтересовал процесс изменения направления роста стеблей растений по направлению к источнику света. Все мы наблюдали, как листва и цветки растений поворачиваются к источнику света, но будет ли расти растение вверх корнями? Я решил проверить это на собственном опыте.

Задачи:

- из подручных средств сконструировать темный короб с источником света, расположенном внизу;
- сверху вниз, внутри короба, расположить семена растений;
- производить наблюдение за направлением прорастания растений на примере листьев салата.

Ход работы:

1. Из двойного слоя марли формирую мешочек, добавляю туда грунт и семена салата «Персей», после чего затягиваю мешочек ниткой.



рис.5.1

2. Сверху вставляю трубочку для удобства последующего полива. Предполагается дальнейшее подвешивание мешочка в темном пространстве с нижним источником света. Оборачиваем мешочек темной бумагой.

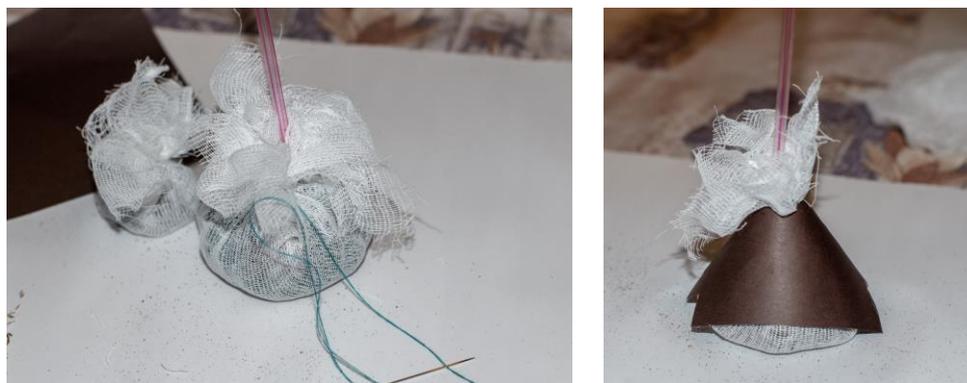


рис.5.2

3. Из двух картонных ящиков формируем необходимую для эксперимента конструкцию. Для внутреннего освещения использую фитолампу.



рис.5.3

5. Прикрепляю к верхней части конструкции мешочек с семенами. Закрываю коробку, увлажняю грунт, оставляю на сутки.



рис.5.4

б. Веду дневник ежедневных наблюдений за ходом эксперимента. На третий день наблюдений, отмечаю появление побегов салата.

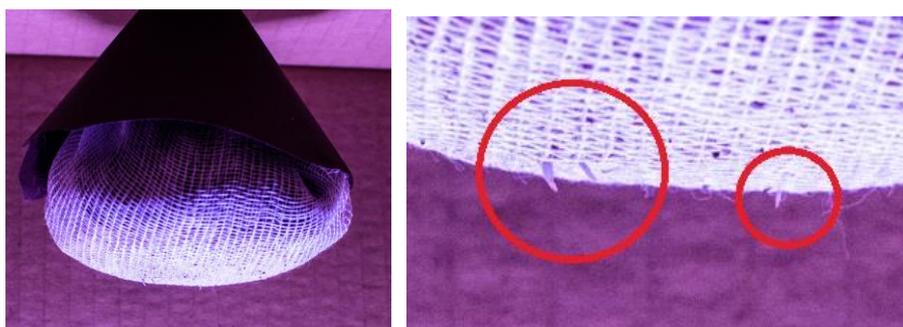


рис.5.5



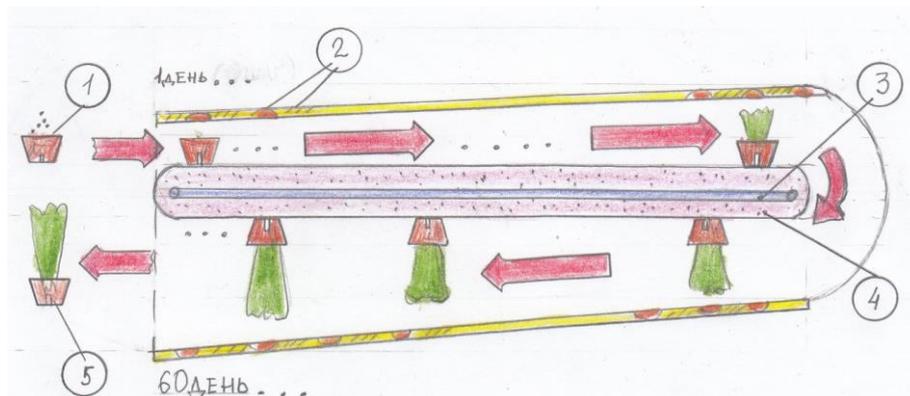
рис.5.6

Констатирую: **семена салата проросли вниз!** В связи с необходимостью отправки работы для прохождения первого этапа конкурса, фото дальнейшего прорастания и развития салата «Персей», будут представлены в ходе презентации на финале соревнования.

***Вывод: опыт показал, что стебли растений в процессе роста ориентируются по направлению к источнику света, следовательно, с помощью световых устройств можно получать необходимые нам направления роста растений в пространстве.**

6. Итоговый проект космической оранжереи

В этой главе я представлю результат проделанной работы и опишу мой усовершенствованный проект конвейерной космической оранжереи под рабочим названием «однОкно». Итак, рассмотрим схему, представленную на рисунке 7.1:



- 1 – в горшочек помещаются семена;
- 2 – источники света и светоотражающие экраны;
- 3 – трубка капельного полива;
- 4 – пористый материал;
- 5 – сбор урожая.

- в первый день цикла в наполненный грунтом горшочек помещаются семена, после чего верх горшочка накрывается материалом, предотвращающим высыпание грунта, но позволяющим произвести прорастание и всход семян;

- один день (точнее - 24 часа) – 1 шаг (перемещение горшочка на одну позицию), всего 60 позиций (в конкретном случае - по количеству дней созревания салата). В зависимости от количества дней, необходимых для созревания, можно изменять скорость движения горшочка по конвейерной ленте, так при созревании культуры за 90 дней – 1 шаг будет равен 36 часов;

- ежедневно, в течение 60-ти дней необходимо будет помещать семена в горшочки и крепить их на позиции 1. Конвейерная лента будет «шагать» с заданной скоростью, каждый раз освобождая место для крепления новой партии горшочков с семенами салата;

- спустя 60 дней необходимо будет собрать урожай, а на освободившееся место поместить горшочки с семенами - цикл замкнулся! С этого дня сбор урожая будет ежедневным и в количестве, необходимом для членов космической экспедиции.

Такой принцип конструирования оранжереи позволит довольно гибко подойти к выращиванию различных групп растений. Ведь разным растениям требуется индивидуальный температурный и световой режим, степень увлажнения почвы и воздуха. Также различно время роста и развития, по истечению которого можно считать выращенный урожай готовым к употреблению. Созревание очередной партии урожая происходит ежедневно, что позволяет иметь свежие продукты круглый год, а так же не предполагает наличие мест для хранения, что очень важно в условиях жестких космических ограничений. На рисунке 7.2 я схематически изобразил то, что ежедневно будет видеть в «одно окно» космонавт или астронавт.

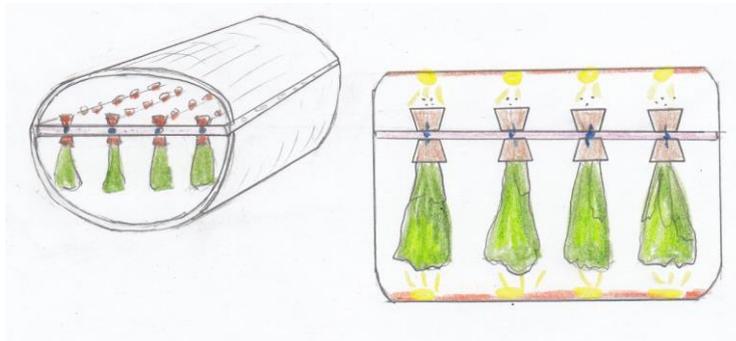


рис.6.2

7. Заключение

Исследовательская работа посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме: разработке проекта оранжереи для экипажей внутри космического корабля, орбитальной станции или станции на поверхности планеты.

Объектом исследования стали несколько вариантов проектируемых решений космической оранжереи. Предметом исследования выступили обеспечивающие работу оранжереи системы: освещение, корневое снабжение и т.д.

В ходе исследовательской работы, были выполнены следующие задачи: изучение и анализ необходимых условий для роста и развития растений; разработка модели посадочной поверхности и принципа работы космической оранжереи; расчет количества материалов необходимых для предложенной модели космической оранжереи; оптимизация модели с учетом экономии занимаемого пространства и используемых материалов; апробация разработанной методики посева растений в наземных прототипах оранжереи.

В результате проведенного исследования, была предложена схема и описание принципа работы конвейерной космической оранжереи.

В процессе подведения итогов работы, я осознал глубину исследуемой темы и принял решение продолжить свои разработки в указанном направлении ставя ряд новых задач для дальнейшей реализации:

- детальный расчет параметров и точное графическое построение предложенной космической оранжереи;

- разработка компьютерной программы, способной рассчитывать параметры и режимы работы конвейерных оранжерей в зависимости от групп растений, предполагаемых к выращиванию циклическим способом;

- апробация разработанной методики посева растений в наземных прототипах оранжереи.

Опытным путём, с использованием подручных материалов, проведен эксперимент по проращиванию семян салата и доказан принцип направления роста растений по отношению к источнику света. Таким образом, поставленная цель была выполнена.

В исследовательской работе удалось не только придумать и описать принцип работы космической оранжереи, но и усовершенствовать его – предположение, сделанное в самом начале работы - подтвердилось.

Как известно, у исследования есть начало, но нет конца. В моем случае оно бесконечно как во времени, так и в пространстве. Пройдет некоторое время, и я, уплетая за обе щеки космический салат, посмотрю в иллюминатор и с благодарностью и трепетом вспомню этот день - день моего представления Вам своей работы по разработке оранжереи под рабочим названием «однОкно».

Голуб Т., 2020г.