

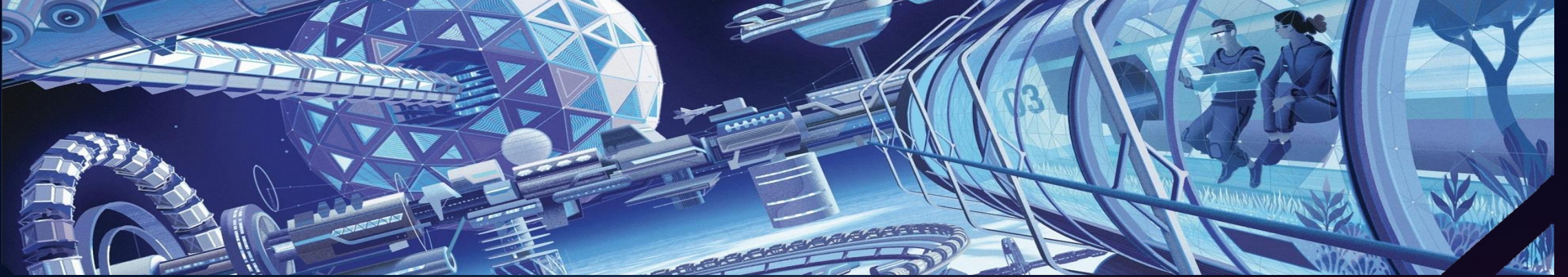


2024 ПРОЕКТ ЭКОРУМ

Проект космической биологической системы жизнеобеспечения для освоения Луны

Руководитель проекта: Кудрицкий Аркадий Николаевич, студент 4 курса бакалавриата кафедры А1 "Ракетные комплексы и космонавтика"





Причины космической экспансии

- Освоение Солнечной системы является приоритетной задачей государственной политики в области космонавтики на длительную перспективу.
- Увеличение объема финансирования научно-образовательной инфраструктуры страны для интеграции современных технологий и подготовки высококвалифицированных специалистов.

Для осуществления программы освоения Луны необходимо:

- ❖ Новый ракета-носитель тяжёлого класса;
- ❖ Скафандр нового образца;
- ❖ Специальная космическая техника для строительства базы и передвижения на поверхности спутника;
- ❖ Лунная база;
- ❖ Новая система жизнеобеспечения (СЖО).





ФХСЖО

Функции обеспечения экипажа осуществляются с помощью комплекса агрегатов, устроенных на технических методах физико-химической регенерации воды и воздуха, а также использованием материалов (расходников), доставленных с Земли.



- ❖ Замкнутость системы 30-40%
- ❖ Используются физико-химические методы очистки и регенерации
- ❖ Требуются расходники: фильтры,
- ❖ Масса для коротких периодов эксплуатации минимальная в сравнении со всеми

КСЖО

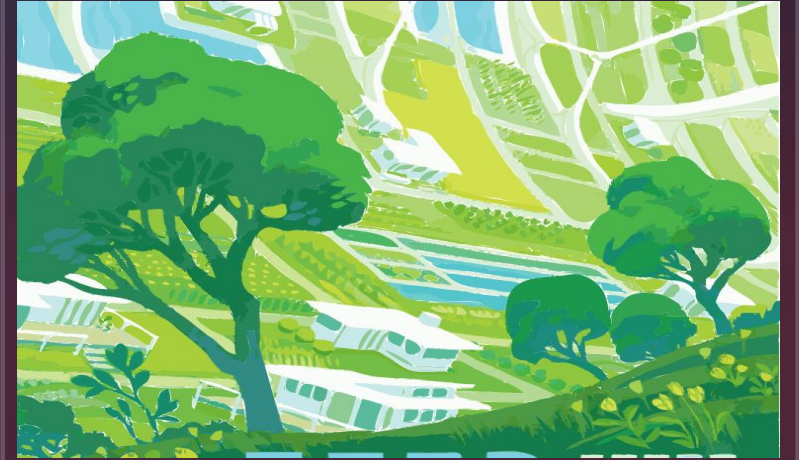
Гибридная (комплексная) система жизнеобеспечения, которая содержит как элементы физико-химической очистки, так и биологические методы регенерации веществ и производства биомассы.



- ❖ Замкнутость системы 74-95%
- ❖ Используются элементы ФХСЖО и БСЖО
- ❖ Наиболее сбалансированная по массе и эффективности
- ❖ Возможен баланс системы при малом объеме всего комплекса

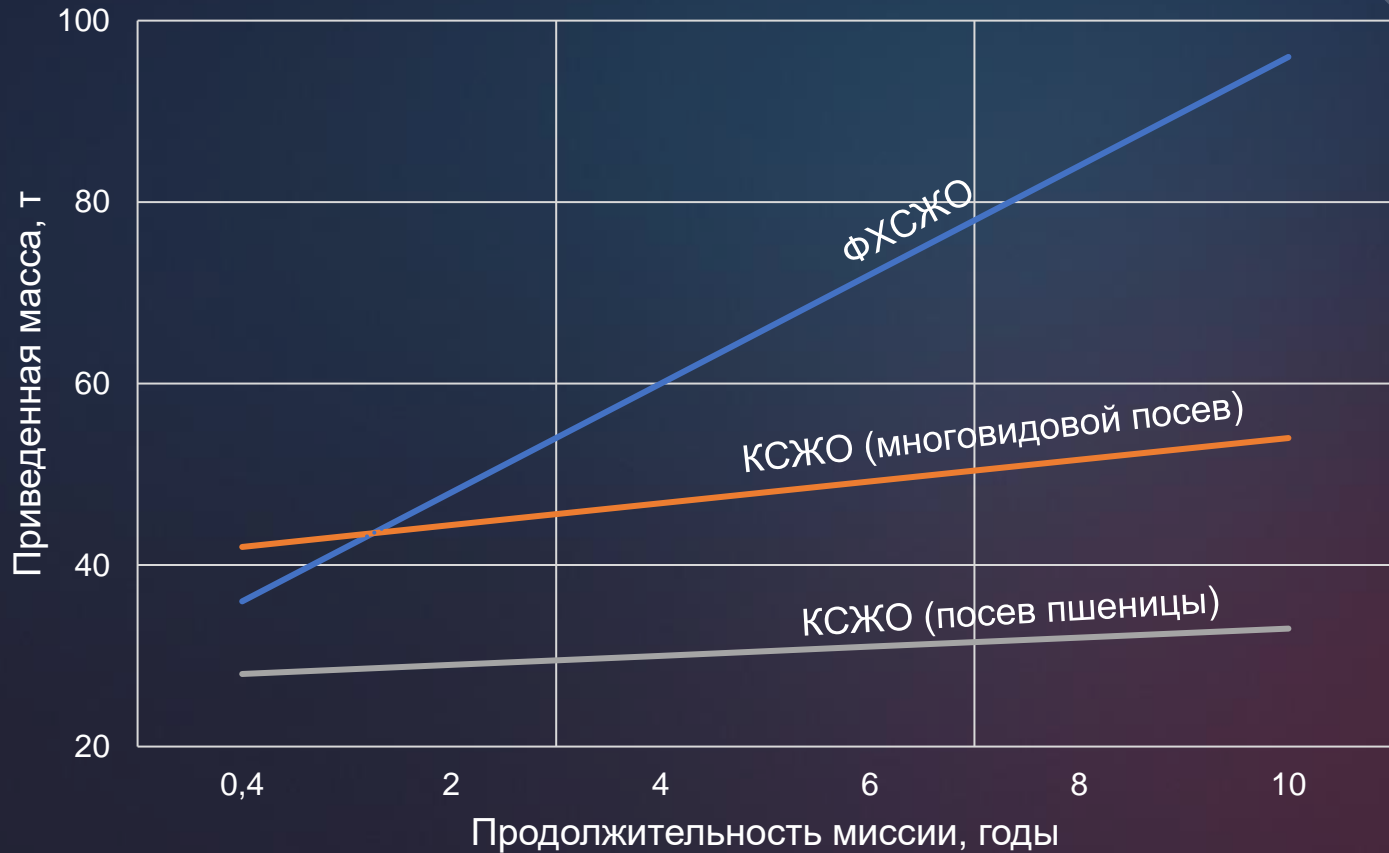
БСЖО

Система почти повторяющая естественный круговорот веществ на нашей планете Земля, способная при определенном своём объёме полностью содержать экипаж миссии на неопределённый срок.



- ❖ Замкнутость системы 98-99%
- ❖ Используются только биологические методы очистки
- ❖ Высокая масса и количество элементов
- ❖ Чем больше такая система тем стабильнее будет она





Зависимость приведенной массы различных СЖО для 4 человек на космической станции от продолжительности функционирования КСЖО — биолого-техническая система жизнеобеспечения (комплексные)
ФХСЖО — физико-химическая система жизнеобеспечения

Сравнение систем

Космические системы жизнеобеспечения, обслуживаемые с Земли, имеют существенных недостаток: их масса и габариты возрастают прямо пропорционально длительности космической экспедиции и количеству членов экипажей.

Допущение: расчёт не учитывает изменение обмена веществ и рациона космонавтов при долгой космической миссии. Данный факт исключит такую линейную зависимость.





Эксперименты по созданию БСЖО



Эксперименты изоляции системы человек - растения:

- БИОС 1-3 (СССР/Россия);
- Biosphere 2 (США);
- Lunar-Mars Life Support Test Project (США);
- Bioregenerative Planetary Life Support Systems Test Complex (Bio-Plex) (США);
- The Closed Ecology Experiment Facilities (CEEF) (Япония);
- Mars 500 (Россия/ международный);
- Lunar Palace (Китай);

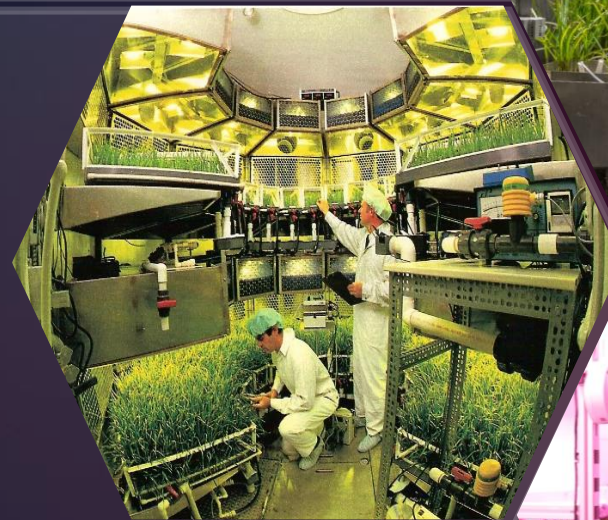


Эксперименты изоляции растений:

- Biomass Production Chamber (BPC) (США);
- Lunar Greenhouse (LGH) (США);
- MELiSSA (ESA);

Эксперименты по тестированию и отладке оборудования :

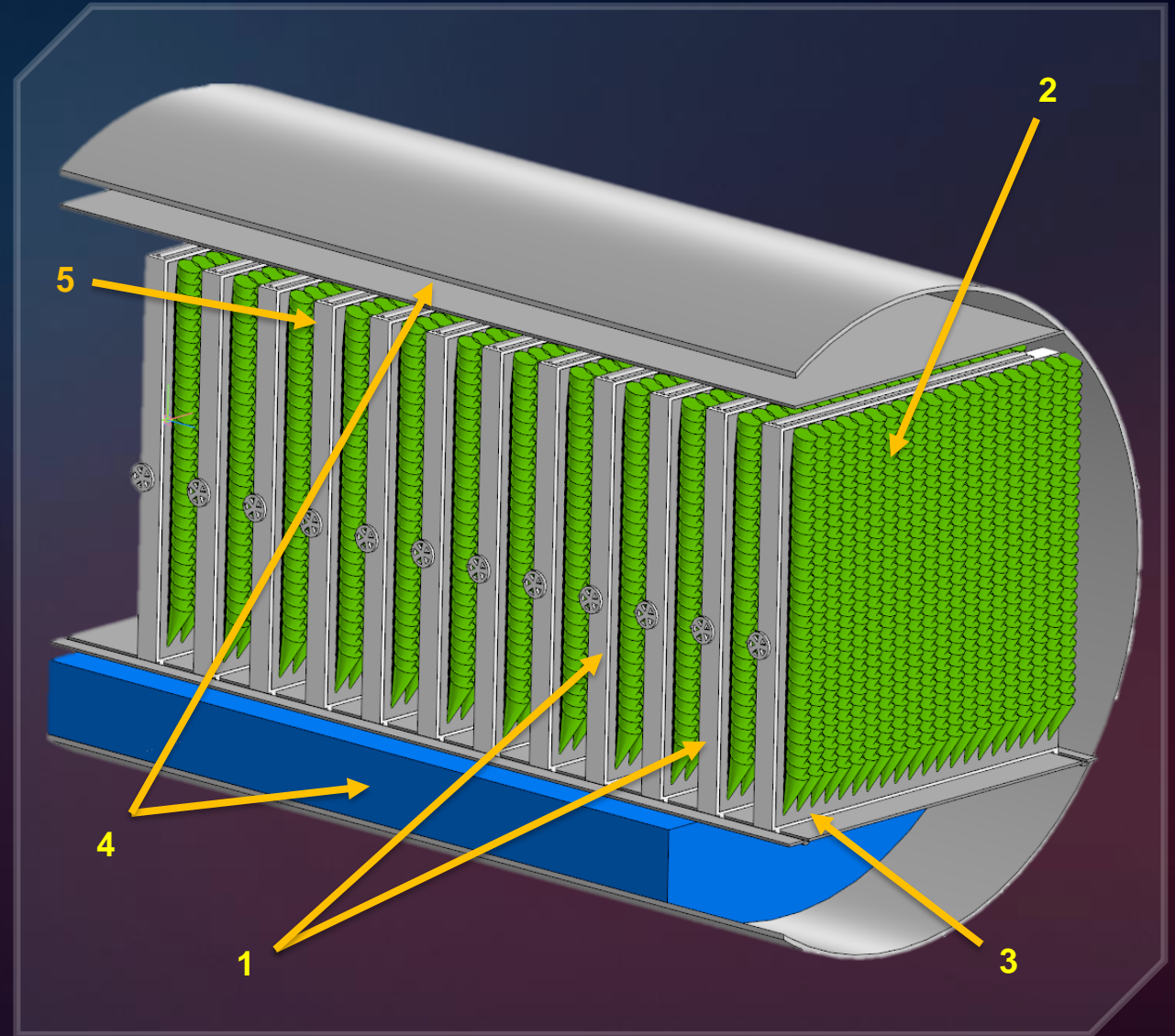
- EDEN ISS (ESA);
- Arthur C. Clarke Mars Greenhouse (ACMG) (США);
- South Pole Food Growth Chamber (SPFGC);





Внешний вид лунного модуля

- ❖ Лунный биологический модуль будет расположен горизонтально для минимизации конструкторской разработки и методов доставки таких блоков, а также для защиты от радиации.
- ❖ Габариты модуля: 4м диаметр, 6м длинна.
- ❖ Увеличение посевной площади с 46 м² до 101 м² при применении вертикального расположения корневых модулей.
- ❖ Удобное обслуживание посевной зоны, за счёт 14 подвижных блоков, аналогом такой системы являются архивные стеллажные хранилища.
- ❖ Освещение расположено равномерно вдоль противоположной от зоны роста стенки секции на заданном программой расстоянии от следующей зоны роста
- ❖ Полив осуществляется с верхней части каждой секции.



1) Подвижные секции; 2) Зона роста; 3) Корневые модули; 4) Зоны размещения дополнительного оборудования; 5) Система освещения.

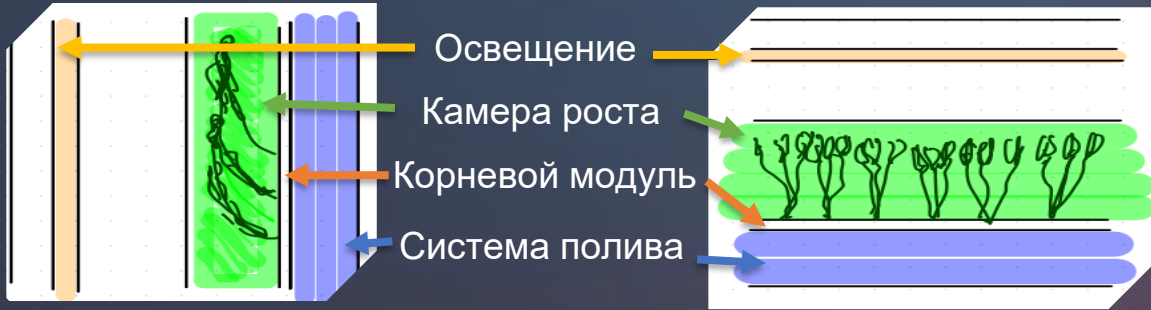


Помимо основной посевной площади необходимо выращивать растения на восполнение семенного фонда. Всё это нужно чтобы в следующем цикл посадки/сбора урожая обошёлся без поставки семян с Земли.

Расположение посевов

Вертикальный вид

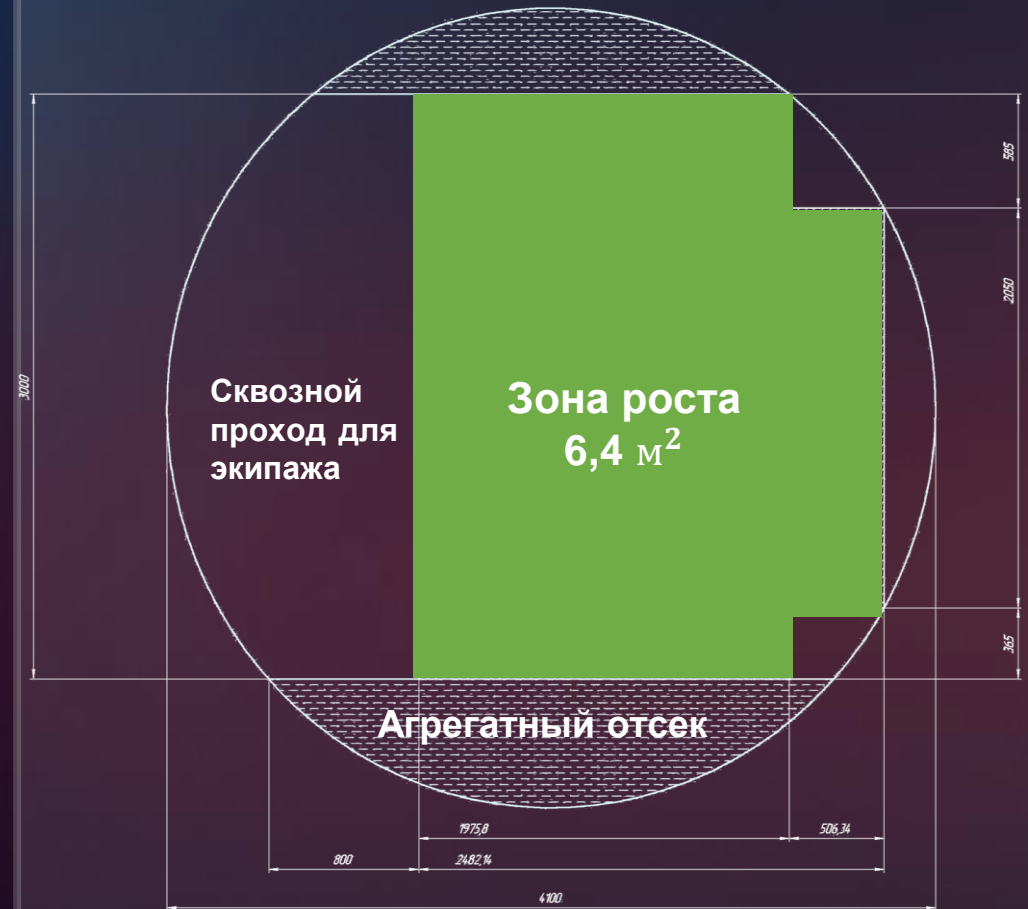
Горизонтальный вид



Распределение посевных площадей по культурам

Данные	пшеница	чуфа	овощи
Соотношение площадей	0,59	0,25	0,16
Производительность гр/сут	17,70	26,00	166,40
Энергетическая плотность, ккал/гр	3,39	6,09	0,40
Площадь под посадку, м2	59,09	25,43	16,48
Производительность гр/сут	1045,98	661,10	2741,95
Производительность ккал/сут	3545,87	4026,11	1096,78
Сумарная выработка, ккал/сут	8669		

Сечение Лунного биологического модуля



Карта проекта



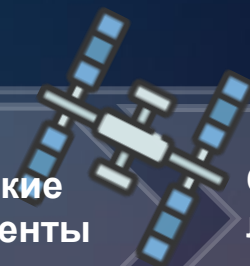
2022
Подготовительный этап

2025
Земные эксперименты

2032
Космические эксперименты

2038
Отработка лунной системы

2045
Лунный биологический модуль



- ❖ Сбор данных по системам БСЖО;
- ❖ Создание команды;
- ❖ Построение концепции БСЖО и создание приблизительных расчётов всей системы;
- ❖ Создание лаборатории;
- ❖ Проведение опытно-конструкторских и биологических экспериментов;

- ❖ Переработка органических отходов оранжереи в питательный раствор
- ❖ Основа системы управления комплекса
- ❖ Виды растений под лунную экспедицию
- ❖ Универсальные корневые модули
- ❖ Оценка замкнутости будущих систем

- ❖ Испытаний корневых модулей
- ❖ Автоматическая посадка культур и сбор урожая
- ❖ Переработка органических отходов в питательный раствор
- ❖ Отладка системы управления и прогнозирования урожая

- ❖ Замыкание системы человек-растения
- ❖ Создание конвейерной системы выращивания растений
- ❖ Поведение жидкости при пониженной гравитации
- ❖ Создание системы полива





Выводы

- Внедрение БСЖО снижает затраты на транспортировку ресурсов с Земли.
- КСЖО способно обеспечить космонавтов не только водой и свежим воздухом, но и растительной пищей.
- Данный комплекс способствует улучшению психологического состояния экипажа, что критично для длительных экспедиций.
- Наличие ФХСЖО, не является причиной отказа от БСЖО так как БСЖО решает проблему психологии и замещения поставок.





Спасибо за внимание!



Наша почта
ekorum@voenmeh.ru

Для поддержки проекта
<https://boosty.to/kosmodachniki>



ПРИЛОЖЕНИЕ



Установка “СВЕТЫЧ”

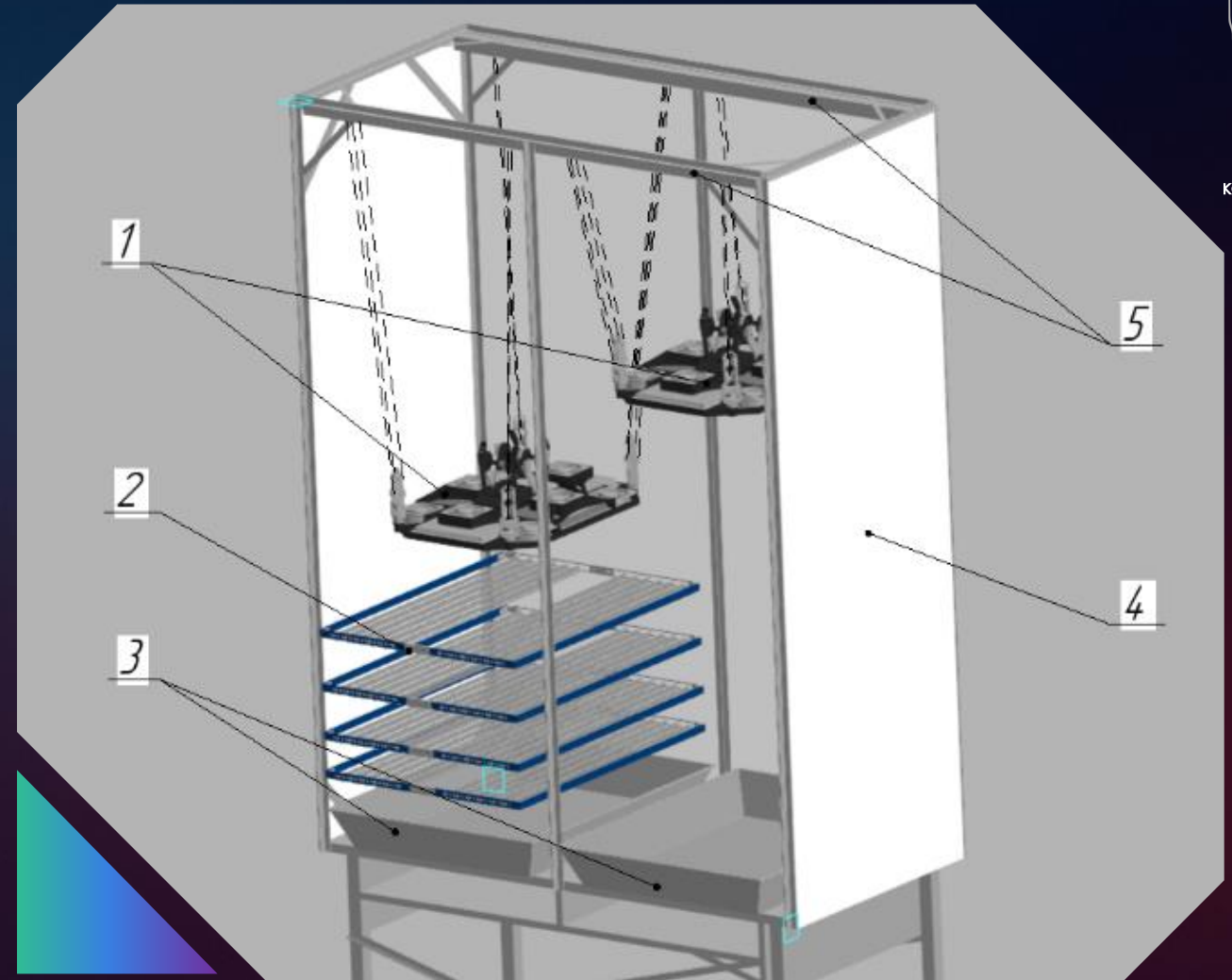
Установка необходима для отработки технологий конструирования и прототипирования будущих космических систем.

Цели создания установки:

- 1) Проведение биологических экспериментов;
- 2) Проведение технических экспериментов, так необходимых для совершенствования всего проекта;
- 3) Сбор большого объёма данных с датчиков всех систем установки.

Данный фитотрон является первым в своём роде автоматическим агрегатом в проекте, способным выращивать растения высотой до 160 см, что позволяет проверить множество земных культур.

На данный момент ведутся монтажные работы по установке осветительного механизма, а также подключения всех датчиков к общей плате контроля всего комплекса



Сборка экспериментальной установки СВЕТЫЧ: 1 – система ламп, 2 – платформа для закрепления датчиков, 3 – корневые модули, 4 – отражающие пластины, 5 – рельсы модулей ламп.





Установка “МИК”

Установка предназначена для проведения различного рода космических экспериментов над растениями при их начальной стадии роста, как при внутреннем объёме жилых модулей, так и при ВКД.

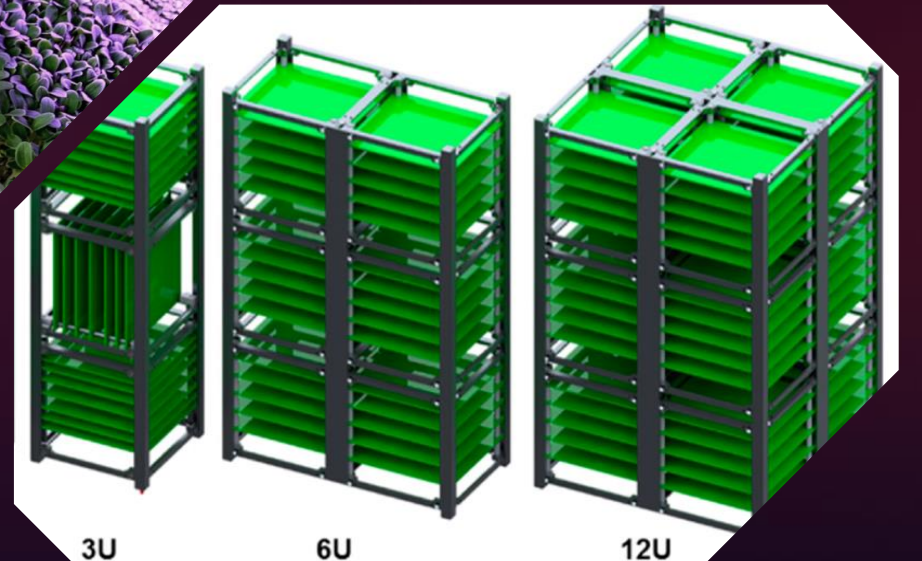
Данная система способна поместиться в габариты спутника типа CubeSat 3U-12U.

Цель установки:

- 1) Оработка технологий БСЖО для совершения собственных разработок;
- 2) Проведение разнообразных научных биологических/технических экспериментов.

Микрозелень

Помимо своей научной пользы данную установку можно использовать для выращивания полезных растений, для употребления в пищу. Также немаловажную роль играет психологическая поддержка состояния космонавтов в замкнутом объёме станции.





Установка «ЭХО».

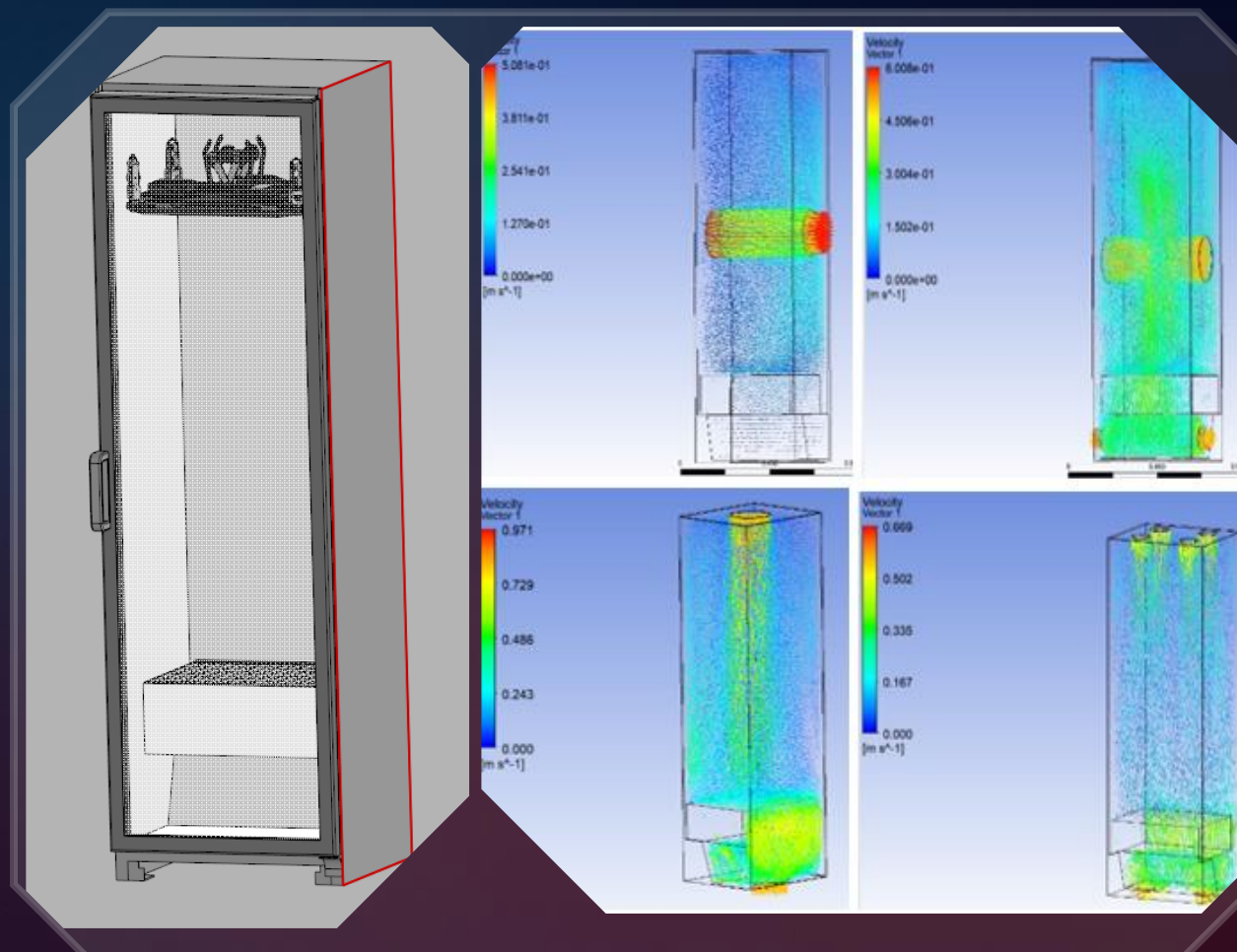
Проект оранжереи «ЭХО» первый и маленький шаг к замкнутой системе выращивания растений.

Под основу установки был взят обычный витринный холодильник, переоборудован и герметизирован так, что имеет возможность держать разреженность воздуха до 80% от атмосферного давления.

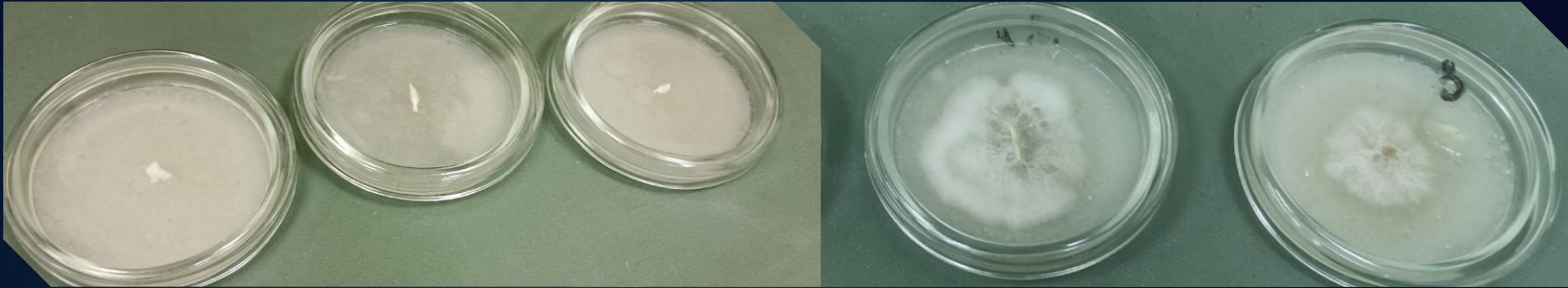
В дальнейшем в планах увеличить диапазоны откачиваемого/нагнетаемого давления во внутреннем объеме системы.

Цели создания установки:

- 1) Проведение экспериментов нацеленных на создание замкнутых малых экосистем с полностью управляемыми параметрами
- 2) Проведение технических экспериментов, нацеленных на создания эффективного малого БСЖО/СЖО для отработки будущих космических систем;
- 3) Изучение транспирации и газообмена растений
- 4) Сбор большого объема данных с всех систем установки.



Было проведено десяток исследований в программе ANSYS с разными конфигурациями вентиляторов, с учётом конструктивных особенностей установки и положения в будущем самих растений. Как итог при возможном использовании двух боксов с растениями вариант пал, на простую модель прямоточного вентилирования, с параллельными друг другу вентиляторами в количестве двух штук с каждой стороны, около каждого из боксов.



“БИОРЕАКТОР”

На данный момент все системы жизнеобеспечения являются не замкнутым циклом с постоянными поставками как пищи, так и газовой среды для обитания человека.

В длительных космических экспедициях важно обеспечить замкнутую циркуляцию ресурсов: перерабатывать отходы и производить из них необходимые элементы и продукты. Грибы и другие редуценты, способные разлагать органику, станут ценным ресурсом в этом процессе. Помимо этого, они могут служить источником питательных веществ для космонавтов.

В проекте был совершён первый эксперимент по выращиванию шампиньонов на твёрдом искусственном питательном субстрате.

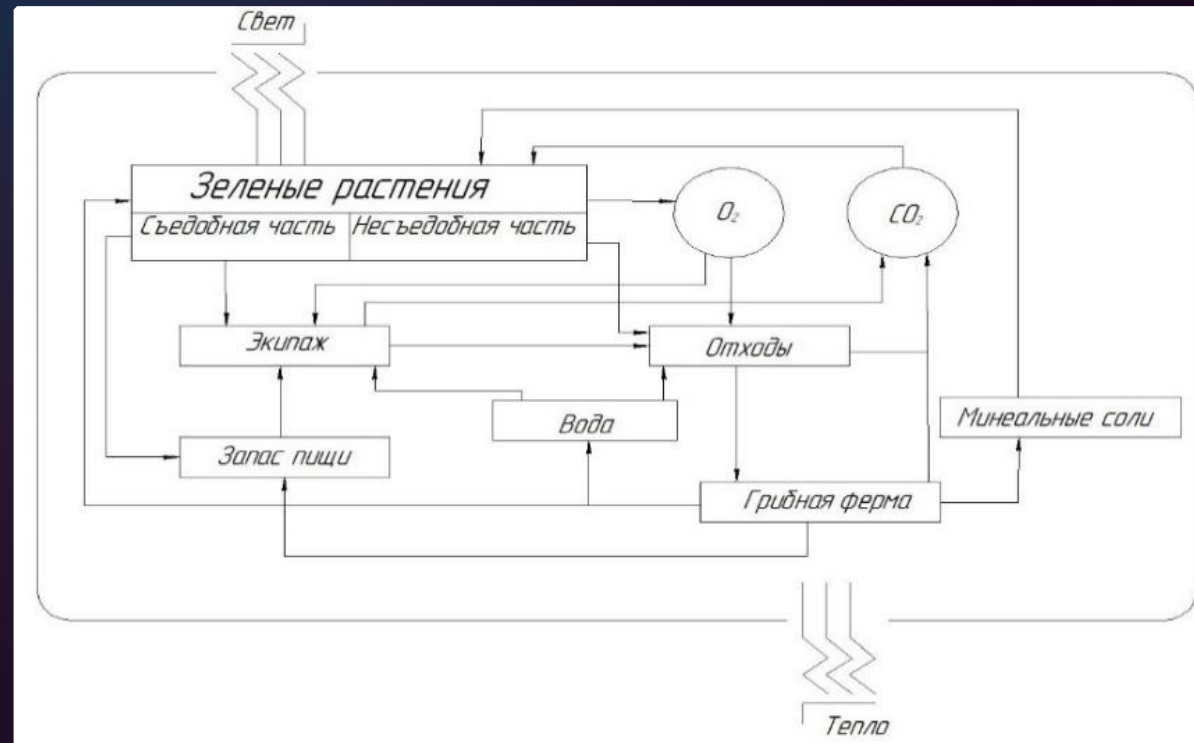


Схема замкнутого цикла СЖО космического корабля



Биологические эксперименты проекта



Так на базе установки ЭХО был поставлен первый биологический эксперимент проекта.

Эксперимент рассчитан на 3 месяца, в ходе которых пройдёт полный цикл культивации растений, получения семян и анализа данных. После чего он будет проведён заново для удостоверения полученных данных.

Суть эксперимента:

Оценка воздействия гравитации/перегрузок на рост и развитие всходов растений.

В первом эксперименте участвовало 8 групп растений рода Красное просо (*Panicum miliaceum*). Каждую группу растений, состоящую из 50 семян подвергали в течении 3 часов центрифугированию при разных оборотах диска, После чего семена высаживались в мягкий питательный грунт для дальнейшей культивации.

Контрольные измерения производились на 10-20-30 день выращивания растений.

В данный момент проходит финальная фаза эксперимента, при которой идёт оценка данных и ожидание плодоношения образцов разных групп.