

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки 15.04.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение машиностроения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка и исследование привода выдвижения руки строительного робота

УДК 69-05:621.865.8-2-83

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМОК	Бекузин Олег Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И. о. руководителя	Ефременков Е.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д-р ф. н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ	Мартюшев Н.В.	к.т.н., доцент		

Томск – 2022 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способностью управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способностью организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способностью применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способностью анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способностью определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
ДУК(У)-1	Способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований, создавать и редактировать тексты профессионального назначения
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)-2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)-3	Способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)-4	Способность осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)-5	Способность организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)-6	Способность к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными
ОПК(У)-7	Способность обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности
ОПК(У)-8	Способность проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)-9	Способность обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и

	непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений
ОПК(У)-10	Способность организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способность подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способность разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения
ОПК(У)-14	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-2	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-3	Способность и готовность использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности
ДПК (У)-1	Способность разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ДПК (У)-2	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения в области профессиональной деятельности
ДПК (У)-3	Способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений в области профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
 Направление подготовки (специальность) 15.04.01 Машиностроение
 Отделение школы (НОЦ) Отделение машиностроение

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
Мартюшев Н.В.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ0К	Бекузин Олег Андреевич

Тема работы:

Разработка и исследование привода выдвижения руки строительного робота	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	03.02.2022, № 34-75/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p>Разработка конструкции привода выдвижения руки строительного робота для строительство купольных домов</p> <p>Длина выдвижения руки строительного робота – 5 метров;</p> <p>Точность линейного перемещения – менее 3-5 мм;</p> <p>Несущая способность 100-500кг.</p>
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор типовых конструкций роботов для 3d-печати домов Выбор принципиальной конструкции робота Проектирование и конструирование привода линейного выдвижения руки робота
Перечень графического материала	Чертеж общего вида привода выдвижения руки

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Конструкторская часть	Ефременков Е.А.
Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.
Социальная ответственность	Антоневич О.А.
Раздел на иностранном языке	Сыскина А.А.

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Строительство домов в условиях космоса
Различные типы домов в космических условиях
Технологии 3D печати в строительстве

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	13.12.2021
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
И. о. руководителя	Ефременков Е.А.	к.т.н.		13.12.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМОК	Бекузин О.А.		13.12.2021

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 133 _____ с., _____ 28 _____ рис., _____ 21 _____ табл.,
_____ 29 _____ источников, _____ 3 _____ прил.

Ключевые слова: механическая передача, механика, строительство, робот манипулятор, 3d-печать, конструирование, передача винт-гайка.

Объектом исследования является робот манипулятор и привод выдвижения руки.

Цель работы – определение типа робота строителя, разработка и расчет привода линейного выдвижения руки робота манипулятора.

В процессе исследования проводились обзор существующих решений в сфере строительства при помощи 3d печати, расчет привода линейного перемещения.

В результате исследования был подобран оптимальный тип робота, и разработана конструкция выдвижения руки робота манипулятора.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: длина выдвижения – до 2.5 м, точность линейного перемещения – до 2 мм, несущая способность - до 500кг.

Степень внедрения: _____

Область применения: строительство, строительство в условиях космоса, строительство в труднодоступных районах.

Экономическая эффективность/значимость работы строительный робот манипулятор позволит строить в труднодоступных районах земли. А также может быть отправлен на другие планеты для строительства купольных конструкций для нужд исследователей-первопроходцев.

В будущем планируется доработать остальные узлы робота совместно с другими разработчиками и участвовать в конкурсах от различных космических компаний

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	6
Введение	10
1 Строительство домов в условиях космоса	12
2 Различные типы домов в Космических условиях	16
3 Технологии 3D печати в строительстве	21
3.1 Послойное экструдирование рабочей смеси	22
3.2 Метод спекания/ селективное спекание	24
3.3 Метод напыления/ компонентой склейки	26
4 Применение роботов в строительстве при помощи 3D печати	28
4.1 Портальные 3D принтеры	29
4.2 Устройства типа «дельта»	31
4.3 Роботы-манипуляторы	33
5 Подбор типа робота	35
6 Проектирование привода выдвижения руки строительного робота	37
6.1 Выбор типа передачи	38
6.2 Подбор механической передачи	42
6.3 Расчет передачи винт-гайка	48
6.3.1 Предварительный расчет винта	49
6.3.2 Проверка условия самоторможения резьбы	51
6.3.3 Проверочный расчет винта на прочность	52
6.3.4 Проверка винта на устойчивость	54
6.3.5 Расчет гайки	56
6.3.6 Проверочный расчет шпонки гайки	58
6.4 Защитный корпус	59
6.5 Подбор подшипников и манжеты	61
Вывод	62
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	64
Введение	64
7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. ...	64
7.1.1 Анализ конкурентных технических решений	65

7.1.2 SWOT-анализ	67
7.2 Планирование научно-исследовательских работ	72
7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	72
7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения.....	73
7.3 Бюджет научно-технического исследования	77
7.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования ..	77
7.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	77
7.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы	78
7.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	80
7.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	81
7.3.6 Накладные расходы.....	81
7.3.7 Бюджетная стоимость НИР	82
7.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	83
Вывод	86
8 Социальная ответственность.....	89
Введение	89
8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	90
8.2 Производственная безопасность	92
8.2.1 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий.....	93
8.2.2 Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека.....	93
8.2.3 Производственные факторы, связанные с отсутствием или недостатком необходимого искусственного освещения.....	94
8.2.4 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	98
8.2.5 Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума.....	99
8.3 Экологическая безопасность	101
8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	103

8.4.1 Пожарная безопасность	103
Заключение	107
Список использованных источников.....	108
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	112
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	129
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	133

Введение

В настоящее время в космической отрасли по исследованию космоса намечаются две глобальные цели. Первая это освоение Марса для создания колонии на другой планете, вторая это создание станции-лаборатории на Луне по типу МКС (международной космической станции).

Освоение и заселение Марса преследует несколько целей. Первоначальная это преобразовать планету для жизни людей и переселить туда часть населения Земли на случай глобальных катаклизмов, сделавших землю непригодной для жизни. Так же некоторые предполагают, что на марсе можно добывать некие ресурсы, ценные для использования Землян. Но без полноценного исследования Марсианского грунта это пока только предположения. Таким образом мы приходим к следующей цели. Это постройка станции, которая будет являться исследовательской лабораторией по исследованию Марса и других планет, а также эта станция может стать перевалочным или заправочным пунктом для аппаратов, запускаемых на более дальние планеты. Такую же цель преследует и постройка станции на Луне.

Основная проблема создания таких станций — это удешевление полетов за пределы земли. Для этого большинство компаний занимающихся конструированием ракетносителей проектируют такие ракеты что бы они могли быть использованы повторно. Это должно значительно удешевить вывод спутников на низкую околоземную орбиту и снизить цену на полеты на Луну, Марс.

Но следующая проблема для таких проектов как постройка станций на других планетах и спутниках это само строительство этих станций. Для долгосрочного проживания на Луне, либо Марсе вряд ли подойдет космический аппарат. Потому как он получится либо не очень адаптированным под лабораторные исследования, либо он будет иметь очень большие размеры что затруднит его запуск с Земли и последующую посадку на поверхность других объектов солнечной системы. По той же причине будет очень сложно организовать

транспортировку некоего модуля построенного и оснащенного под нужды будущей станции.

Оптимальным решением данной проблемы является постройка станции уже на новом месте. Причем постройка будет происходить скорее всего из материалов доступных на заселяемом объекте, так как транспортировать еще и материал для каждой новой постройки будет удорожать проект на порядок.

Для строительства помещений станции было принято решение спроектировать строительного робота, который при помощи 3D печати будет осуществлять постройку.

1 Строительство домов в условиях космоса

Строительство в условиях космоса является очень сложной задачей потому как существует множество факторов, влияющих на процесс постройки о которых в условиях Земли мы даже не задумываемся. Если для примера рассмотреть Марс, то даже при первом взгляде заметны очень большие различия. Вот наиболее заметные из них:

- Средний радиус: 6 371 км [1] / 3396 км [2].
- Масса: 59.7×10^{23} кг [1] / 6.42×10^{23} кг [2].
- Объем: 10.8×10^{11} км³ / 1.63×10^{11} км³ [2].
- Полуось: 0.983 – 1.015 а.е. [1] / 1.3814 – 1.666 а.е [2].
- Давление: 101.325 кПа [1] / 0.4 - 0.87 кПа [2].
- Гравитация: 9.8 м/с² [1] / 3.711 м/с² [2].
- Средний температурный показатель: 14°C [1] / -46°C [2].
- Осевой наклон: 23° [1] / 25.19° [2].
- Продолжительность дня: 24 часа [1] / 24 часа и 40 минут [2].
- Длина года: 365.25 дней [1] / 686.971 дней [2].
- Вода: обильная [1] / прерывистая (в виде льда) [2].
- Полярные ледяные шапки: Да [1] / Да [2].

Но не все отличающиеся параметры Марса напрямую влияют на возможность создания зданий на его поверхности. Так, например, масса, объем и состав планеты создают гравитацию, которая сильно меньше (~в 2,5 раза) Земной. Некоторые параметры влияют на сам процесс строительства, другие на последующую эксплуатацию построенных конструкций, что влечет определенные трудности при проектировании для архитекторов. Например, атмосферное давление на поверхности четвертой планеты от солнца составляет примерно 1% от Земного. Что может сказаться на свойствах различных материалов, используемых для строительства, при чем это может отразиться не только на строительных материалах, но и на материалах связующих основной. Так же на Марсе частым

явлением являются пылевые бури, которые могут повредить как технику, так и нарушить процесс строительства.

Но эти факторы (средняя температура, низкое давление, слабая гравитация, пылевые бури, разреженная атмосфера, среднесуточный перепад температур, длина года, наклон оси к эклиптике и т.д.) являются незначительными. Они требуют лишь небольших изменений в технологии строительства, свойствах используемых материалов, изменение инструментов и др. для адаптации строительства под новые, отличные от Земного условия Марса.

Марс и имеет сходства с Землей которые помогут при строительстве. Например, вращение Марса вокруг своей оси схоже с Земным и сутки здесь длятся лишь на 40 минут дольше привычных Земных. Это очень сильно поможет при координации космонавтов с специалистами с Земли. Так же наклон Земли и Марса к эклиптике имеет разницу всего в пару градусов, что влечет за собой похожую сезонность. То есть на Марсе так же имеются 4 сезона, как и на Земле. С единственным отличием в том, что длятся они в два раза дольше. Так как Марс имеет орбиту большую нежели Земная и год там длится 686,9 дней[2]. Еще поверхность марса очень похожа на земную (Рис. 1.1) если говорить о ландшафте. Здесь также, как и на Земле много равнин, гор, вулканов, ущелий и хребтов. Единственное весомое отличие — это отсутствие воды в жидком состоянии и как следствие флоры.



Рисунок 1.1 – сравнение рельефа Земли и Марса

Весомый плюс при колонизации Марса известен еще с давних времен. В то время как были сконструированы первые телескопы с достаточной силой оптики, первые астрономы стали замечать, что Марс очень хорошо сохранил следы от попавших на него метеоритов и комет. Это связано с тем что на марсе нет осадков, которые бы разрушали породу и смывали год за годом эти следы. Для строительства на Земле осадки играют важную роль. Потому как они становятся серьезным препятствием во время строительства и накладывают определенные ограничения на процесс строительства.

Но вероятно самыми важными факторами при колонизации Марса и строительства на его поверхности являются радиация, малое содержание кислорода в составе атмосферы, ограниченность ресурсов. Эти факторы практически диктуют конструкторам и проектировщикам условия. Высокий уровень радиации говорит нам о том, что прилететь и жить в одном и том же космическом корабле мы не сможем. Потому что спроектированный с учетом уровня радиации корабль будет иметь большой вес и увеличенные габариты из-за тяжелой защиты корпуса. Ограниченность в доставке из-за дороговизны новых ресурсов на четвертую планету так же заставит брать с собой как можно меньше груза. В ходе исследований ученые выяснили что поверхностный грунт подходит для обустройства нового жилья с точки зрения защиты от радиации. Так мы пришли к тому факту что строительные материалы в большинстве своём будут изготавливаться уже на Марсе из того что есть на планете. Эти факторы подсказали нам решение. Отсутствие достаточного количества кислорода заставит людей находиться в скафандрах почти все время. Так как транспортировать большое количество людей только для постройки новых сооружений очень нецелесообразно. Так как их необходимо обеспечивать воздухом, едой, скафандрами и т.д.

Для решения этой проблемы было решено использовать для постройки роботов. Они более универсальны и могут быть перепрограммированы в дальнейшем для использования в других целях. Так же их проще защитить от радиации. Можно защищать только важные для работы робота части (центральный

процессор, управляющие органы и т.д.). И роботы менее требовательны к ресурсам. Для их работы достаточно заряжать их при помощи энергии выработанной от солнечных лучей, либо ветряными генераторами. Так же робот может работать сильно дольше человека и для технического зрения не нужен дневной свет. Для их работы достаточно человека, который настроит его в начале работы и будет периодически контролировать правильность выполняемой работы.

В будущем такие роботы могут быть и адаптированы для строительства в земных условиях. Все чаще встречаются промышленные производства где все автоматизировано и весь опасный и монотонный труд переложено с плеч человека на роботов, манипуляторов и т.п.



Рисунок 1.2 – роботы сварщики на производстве автомобилей

Ярким примером могут послужить роботы, используемые для сварки при сборке корпусов и рам автомобилей (Рис. 1.2). Создав таких роботов для работы на Марсе и адаптировав их под Земные условия можно будет отправлять такого робота для строительства в труднодоступных участках Земли.

2 Различные типы домов в Космических условиях

Что бы основать станцию или колонию на Марсе необходимо для начала определиться как будет выглядеть ее структура, как будут организованы здания для жилья и работы будущих работников исследовательской станции. И спроектировать дома еще до полета на новую планету. Продумать многие нюансы и учесть все факторы на новом обустраиваемом месте. Так как условия жизни на марсе будут существенно отличаться от привычных Земных, то и дом должен быть спроектирован с учетом всех факторов.

На Земле чаще всего нам приходится иметь дело с домами, которые имеют квадратную либо же прямоугольную форму и состоят из панелей (Рис. 2.1). Такие дома очень просто вписать в уже имеющуюся структуру города, вместить его рядом с такими же домами. Несомненно, вокруг таких домов проще обустроить дороги и все коммуникации. Высотные состоящие из плит дома очень просто возводить в высоту, наращивая этаж за этажом, подобно конструктору.



Рисунок 2.1 – бетонная плита-перекрытия

Но для Марса данный тип домов малопригоден. Не смотря на относительно простое строительство такие дома имеют ряд недостатков как при эксплуатации, так и при самой постройке. Во-первых, нет необходимости строить высокий, многоэтажный дом для первых поселенцев новой планеты. Потому как очевидно их будет не так много. Также постройка таких домов потребует наличия оборудования для работы на высоте. Второй минус панельного дома — это наличие

этих самых панелей. Простое и уже давно изученное изготовление этих плит на Земле, окажется очень сложным и трудоемким процессом на Марсе. Потому как для заливания бетоноподобного материала в плиты и их армирование потребует наличия отдельного помещения и специализированного оборудования. Транспортировать такое большое количество тяжелого оборудования просто нет возможности. По той же причине невозможна и доставка готовых плит с Земли на Марс.

Возможным вариантом для решения данной проблемы является строительство из кирпичей. Они хорошо подойдут если ограничиться 1-2 этажами. И изготовление кирпичей теоретически можно производить более простым способом по сравнению с плитами. Но такой дом требует основательного ленточного фундамента (Рис. 2.2) для будущего дома и некоторое время для его усадки.

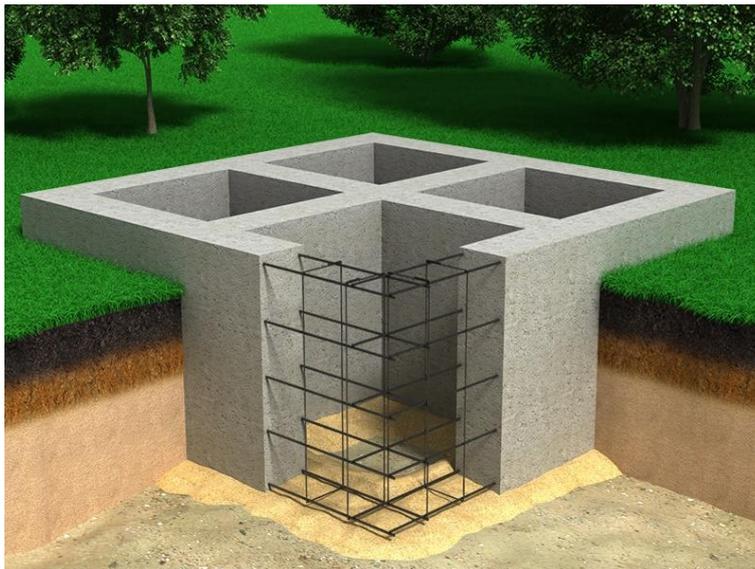


Рисунок 2.2 – фундамент ленточный

Постройка домов экстремальной формы является не рациональной тратой времени и ресурсов. Потому как такие дома потребуют в несколько раз больше как строительных, так и человеческих ресурсов причем как в процессе строительства, так и в процессе проектирования. По тем же причинам не получится построить дом из дорогих или редких материалов.

Будущий дом должен быть максимально прост в строительстве и очень прост в эксплуатации. Наилучшим таким вариантом считаются купольные дома (Рис. 2.3). Они имеют форму половины сферы и похожи на купол, накрывающий землю.



Рисунок 2.3 – купольный дом

С давних времен известно, что в математике идеальной формой тела является шар. Так же известно, что среди всех тел равного объема шар имеет наименьшую площадь поверхности, а среди тел с равной площадью поверхности шар имеет наименьший объем. Это свойство легко заметить, сравнивая изопериметрический коэффициент всех фигур. Коэффициент можно рассчитать по формуле:

$$K = \frac{36 \cdot \pi \cdot V^3}{S^2};$$

Где:

K – изопериметрический коэффициент;

V – объем тела;

S – площадь поверхности тела;

Это подтверждается и при рассмотрении сферических или скругленных объектов с точки зрения физики, теоретической механики, сопротивления материалов и т.д.

Человечество давно использует преимущества сфер в своих целях. Например, фаски на валах, полукруглые формы в крышах многих зданий и т.д. Даже понаблюдав за природой можно заметить тот факт, что шарообразная форма является наиболее оптимальной и наиболее энергетически эффективной. Капля воды летящая вниз приобретает форму шара. Откладываемые птицами яйца то же, имеют форму подобную шару. Все планеты, звезды и другие космические объекты стремятся приобрести форму шара. Это связано с тем что сферическая форма концентрирует в себе меньше напряжения по сравнению с угловатыми формами.

Купольные дома имеют ряд преимуществ по сравнению со своими угловатыми аналогами. Сферическая форма является менее напряженной с точки зрения статики. Что позволит использовать менее прочные материалы для строительства, либо использовать меньше материала для возведения стен.

Так же неоспоримым плюсом является тот факт, что купольному дому не нужен особо прочный фундамент. Купольному дому из-за его строения нужен свайно-винтовой фундамент (Рис. 2.4), который является одним из простейших для установки.



Рисунок 2.4 – фундамент свайно-винтовой

Дома сделанные в форме полусферы являются наиболее обтекаемыми для воздушных потоков в виде бурь (Рис. 2.5), которые очень часты на Марсе.

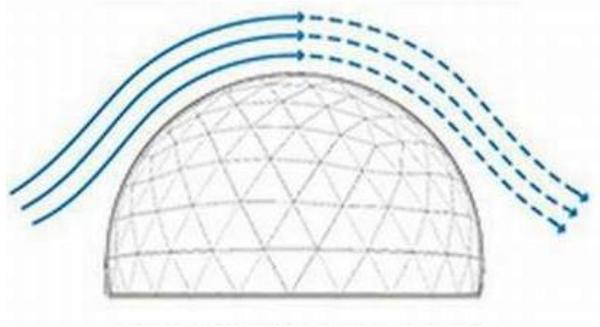


Рисунок 2.5 – обтекаемость купольного дома

Так же круг имеет множество осей симметрии поэтому будет одинаково хорошо обтекаем с любой стороны. Эти факты говорят нам о том, что у купольного дома будут наименьшие потери тепла, связанные с уносом тепла. Даже в безветренную погоду остывать такой дом должен меньше так как имеет меньшую площадь поверхности по сравнению с домами кубической формы.

Так же в купольных домах циркуляция воздуха происходит в среднем на 23% процента лучше по сравнению с домами квадратной формы. А это значит, что для обогрева и вентиляции такого дома понадобится меньше ресурсов.

Все факторы говорят нам о том, что использование купольных домов в Марсианских условиях имеет больше преимуществ по сравнению со всеми известными типами домов.

3 Технологии 3D печати в строительстве

На сегодняшний день в строительстве технологии 3D печати только начинают использоваться. Но уже, как и в обычной печати существуют несколько способов печати. Так же существуют уже не только концепты, а готовые проекты и построенные дома на баз 3D технологий. На рынке представлены как научно-исследовательские команды, занимающиеся 3D печатью, так и коммерческие проектные группы. При чем коммерческие проекты существуют как небольшие экспериментальные подразделения больших строительных компаний, так и отдельные самостоятельные компании, занимающиеся исключительно строительством с использованием 3D печати.

Различные компании отдают предпочтения разными типам печати, иногда создавая собственные 3D принтеры или материалы для них. Типы или виды печати очень сильно похожи на те способы печати которыми пользуются при классической печати термопластиком. Такой подход очень прост ведь 3D печать домов имеет немного отличий от 3D печати пластиком. Это другой материал и большие габариты не свойственные печати из пластика. Большинство компаний используют три основных типа печати для постройки домов и иных архитектурных сооружений.

1. Послойное экструдирование рабочей смеси
2. Метод спекания/ селективное спекание
3. Метод напыления/ компонентной склейки (стереолитография)

3.1 Послойное экструдирование рабочей смеси

Послойное экструдирование рабочей смеси (Рис. 3.1) первый и самый распространенный метод 3D печати в строительстве. Суть его работы достаточно проста. Для самого робота нужен лишь необходимый экструдер и насос высокого давления, а также рабочая смесь (чаще всего смесь на основе бетона). Из рабочего сопла экструдера выдавливается рабочая смесь. Далее смесь попадает на рабочую поверхности и застывает.



Рисунок 3.1 – метод печати послойным экструдированием

Таким образом слой за слоем получается спроектированная конструкция. Этот метод очень похож на выдавливание зубной из тюбика. Процесс выглядит медленным, а смесь тягучая и очень плотная (Рис. 3.2).



Рисунок 3.2 –слои при печати методом послойного экструдирования

Эта смесь по составу всегда различна. Во-первых, она должна быть адаптирована под те климатические условия в которых будет эксплуатироваться будущая постройка. Во-вторых, каждая компания адаптирует смесь под

собственный экструдер и его мощности. Но чаще всего строительные команды разрабатывают свою рабочую смесь. Делается для того что бы иметь конкурентное преимущество перед другими строителями. Так некоторые строительные компании добавляют в рабочую смесь пластики, стеклопластики, углепластики для облегчения конструкции. Некоторые армируют каждый слой специальной сеткой для большей прочности. Есть компании, которые принципиально печатают дома материалом, сделанным из переработанных строительных отходов. Так они борются за поддержание экологии на Земле. Другие строительные компании с целью удешевить производство добавляют в рабочую смесь глину и солому. Таким образом они борются с проблемой дорогого жилья в странах третьего мира.

3.2 Метод спекания/ селективное спекание

Метод спекания так назван из-за того, что частицы буквально спекаются под действием источника тепла. Источниками такого тепла чаще всего являются лазеры или сконцентрированный солнечный луч. А рабочей смесью является самый обычный песок. В рабочую камеру засыпается рабочая смесь и лазером спекаются необходимые участки. Затем засыпается следующий слой материала и снова спекается. Так слой за слоем и получается нужная конструкция. Но после процесса самой печати необходимо удалить оставшийся не обработанный материал (Рис. 3.3).

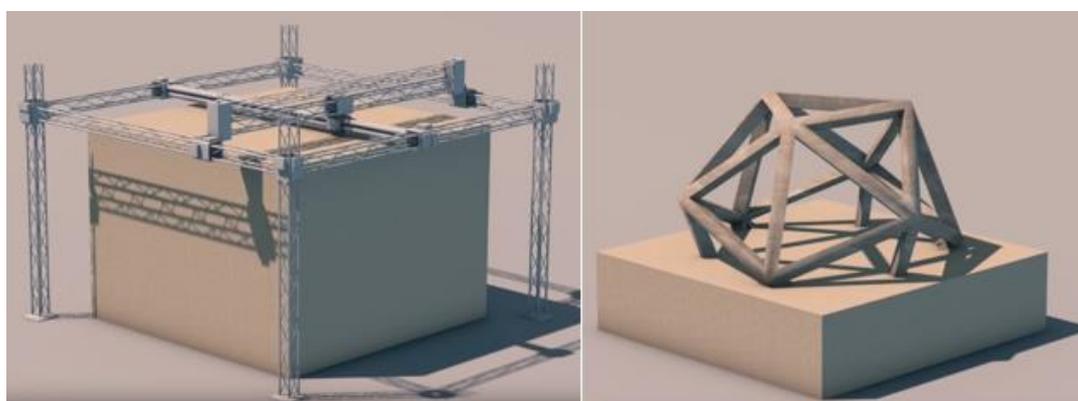


Рисунок 3.3 – процесс 3D печати методом спекания

Этот метод печати является наиболее дешевым так как материал для строительства это самый обычный очищенный песок. Его стоимость очень низкая за счет чего удешевляется и сам процесс. Дополнительным преимуществом является возможность печатать очень сложные структурные сооружения. Благодаря такой печати можно делать стены не пустотелыми или полностью заполненными материалами, а создавать внутри специальную структуру сложной формы, которая позволит усилить конструкцию или более эффективно удерживать тепло внутри помещений.

Но у этого метода печати есть несколько значительных минусов, которые не дают использовать его повсеместно. Первый – это наличие строительного материала. Не во всех условиях можно просто добыть песок в необходимых количествах. А для печати домов его потребуется много. Второй – это наличие рабочей камеры для печати. Камера нужна для того что бы защитить смесь от

взаимодействий с внешней средой. Если, например, смесь будет удалена или сместится то слой уже не получится таким каким его предполагает управляющая программа. Соответственно и все последующие слои будут «съезжать» и небольшое смещение на нижнем слое может обернуться завалом всей конструкции к окончанию печати. Так же большой проблемой станет возведение такой большой рабочей камеры для строительства даже небольшого дома. Поэтому данная технология позволяет печатать только небольшие детали и чаще эти детали являются интерьерными нежели необходимыми функциональными решениями. Также часто этот вид печать используется для 3D печати строительных арт объектов.

3.3 Метод напыления/ компонентой склейки

Метод напыления очень часто используется для 3D печать металлом. Но нашел и свое применение в строительстве. На первый взгляд кажется, что напыление будет слишком длительным процессом для строительства ведь размеры получаемых объектов в строительстве гораздо больше чем пластиковые или металлические детали. Однако, как показала практика если увеличить толщину слоя, то можно достаточно быстро печатать, не проигрывая в скорости печати двум другим методам.

Данный метод печати получил два пути развития: печать песком или печать полиуретаном. Печать песком на данный момент используется только для постройки арт объектов (Рис. 3.4). Так как прочность таких конструкций не высока. И долговечность таких сооружений является по меркам строителей наихудшей. Самый длительный срок, который смог пережить объект, построенный таким методом составил около восьми месяцев. А устойчивость к природным воздействиям будь то дождь, снег, ветер, град оставляет желать лучшего.



Рисунок 3.4 – арт объект, построенный при помощи метода компонентной склейки
Второй же метод имеет лучшие показатели в сравнении даже с другими типами 3D печати. Но этот метод является не совсем 3D печатью дома как такого. При печати полиуретаном печатается опалубка будущего дома (Рис. 3.5) как с внутренней части, так и с внешней стороны стены.



Рисунок 3.5– полиуретановая опалубка стены, полученная методом напыления
Такая полиуретановая форма в последствии заливается бетоном и получается обычная бетонная стена. Однако такой метод очень ограничен по высоте. И внешний слой стены требует дополнительной механической обработки что не совсем подходит под определение аддитивных технологий.

Таким образом из всех вышеперечисленных методов наиболее подходящим для использования считается метод использующий послойное экструдирование. Выбранный метод не требует постройки дополнительных рабочих камер как метод селективного спекания, имеет относительно высокую скорость печати, не требует наличия специального материала как метод напыления с использованием полиуретана.

4 Применение роботов в строительстве при помощи 3D печати

На данный момент технологии 3D печати не сильно распространены в сфере строительства. Однако уже сейчас существуют производители, занимающиеся конструированием и производством роботов, способных стать хорошей заменой ручному труду. Существуют три типа устройств таких роботов: порталные 3D принтеры, устройства типа «дельта», роботы-манипуляторы. Все они используют один и тот же метод печати, это экструдирование рабочей смеси.

4.1 Портальные 3D принтеры

Ярким представителем принтеров такого типа являются продукты компании АМТ [3]. Портальные 3D принтеры (Рис. 4.1) состоят из нескольких порталов по которым перемещается рабочее сопло 3D принтера. На вид такие принтеры выглядят более прочно и основательно по сравнению со своими конкурентами. Но имеют ряд недостатков, которые являются критичными при адаптации такого типа конструкции для работы во вне Земных условий.



Рисунок 4.1 – порталный строительный 3D принтер [3]

Основным минусом видится малая мобильность. Для подготовки строительства придётся разровнять грунт и установить все части порталов соединив между собой. Для строительства домов потребуются соответствующего размера порталы, а для установки порталов нужны люди, которые займутся установкой порталов. Даже в условиях Земли это не самое безопасное занятие. Так как нужно работать хоть, и высота является не совсем высокой, но все равно представляет опасность для жизни и безопасности человека. Тем более в космосе придётся делать все тоже самое только в не совсем подходящем скафандре. Также слишком высокая конструкция может оказаться не устойчивой к Марсианским ветрам. Единственным решением этой проблемы является усиление конструкции. Такое решение потребует использование большего количества материала и

соответственно увеличит массу, отправляемую с Земли, что является очень нежелательным.

4.2 Устройства типа «дельта»

Устройства типа «дельта» или дельтоботы (Рис. 4.2) [4] имеют похожее устройство. Рабочее сопло закреплено на трех рычагах, которые могут менять свою длину и являются телескопическими. В свою очередь рычаги закреплены на верхней точке опор конструкции, которая выстроена в форме шестиугольника.



Рисунок 4.2 – дельтобот для 3D печати

Но такая конструкция является так же, как и порталный 3D принтер маломобильной и сложной для установки. Также для увеличения высоты строимого объекта придется наращивать опоры в случае дельтобота или увеличивать порталы в случае порталного 3D принтера. Это связано с тем что оба этих типа роботов строят внутри своей конструкции и размер постройки всегда ограничен размерами самого робота. А для увеличения габаритов придётся и расширять размеры робота, что может ослабить его устойчивость к частым ветрам.



Рисунок 4.3 – порталный робот компании Counter Crafting [5]

Решить такую проблему возможно поможет порталный робот, который оснащен кранами (Рис. 4.3). Такой робот сильно проще в установке, и разборке при переходе от строительства одного здания к другому. Но такой робот все еще является маломобильным и ограничен в габаритах. При чем его габариты увеличить уже возможности нет совсем в отличии от предыдущих вариантов, где это можно сделать хотя и с рисками.

4.3 Роботы-манипуляторы

Наиболее подходящим для космоса считаются строительные роботы-манипуляторы (Рис. 4.4-4.5). Они по своему устройству аналогичны своим промышленным аналогам. С одним лишь отличием это рабочий орган. У промышленных роботов это часто захваты, присоски, pulverизаторы, сварочный инструмент. А у роботов строителей это сопло, подающее рабочую смесь. Так же к строительным роботам по аналогии с роботами покрасочных цехов подведены шланги, которые подают рабочую смесь под давлением.

Такие роботы устроены по двум схемам. Первая это аналог башенного крана с выдвигающейся рабочей рукой (Рис. 4.4) [5]. И вторая это множество сгибающихся частей типа «рука» (Рис. 4.5) [6]. Их количество варьируется от двух до шести, в зависимости от назначения робота. Для 3D печати домов используются оба типа, но второй чаще имеет лишь две или три сгибающихся части. Это делается из-за того, что рабочая смесь очень тяжелая и такая нагрузка на большое количество подвижных частей вынудит сделать их массивными и габаритными.



Рисунок 4.4 – строительный робот-манипулятор башенного типа

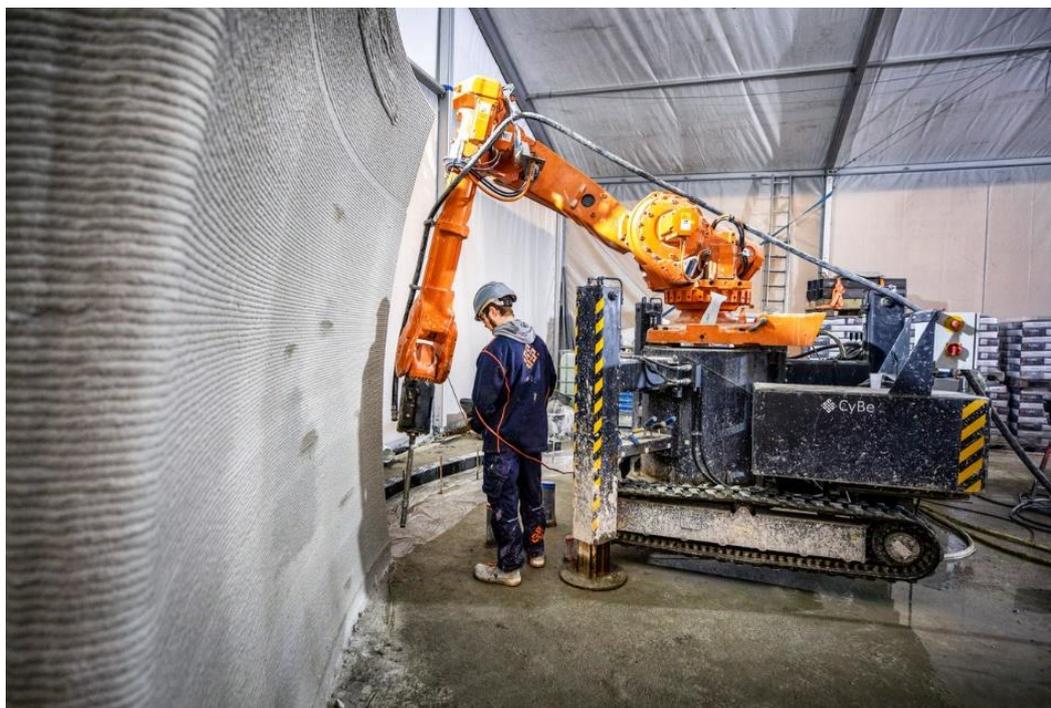


Рисунок 4.5 – строительный робот-манипулятор типа «рука»

Роботы-манипуляторы в строительстве в условиях космоса имеют ряд преимуществ, которые перевешивают все его недостатки. Такие роботы очень мобильны, так как не требуют какой-то особой подготовки для начала строительства. А если оснастить такого робота собственной системой, которая позволит ему самостоятельно передвигаться то его установка ограничена лишь загрузкой программ для работы и управлением с компьютера.

Данный робот не имеет ограничения по размерам строительства. Так как он легко перемещается он может строить большие дома по частям. Перемещаясь от одного участка к другому. Так же можно использовать группу таких роботов для увеличения скорости строительства. Габариты такого робота так же малы по сравнению с другими типами строительных 3D принтеров. Единственный минус робота-манипулятора — это сложность конструкции. Но при должной эксплуатации и проектировании этот минус будет иметь малый уровень важности.

5 Подбор типа работа

Для данной задачи, а именно проектирование робота-строителя выбран тип архитектурных сооружений, подобран метод 3D печати и устройство робота [7].

Для постройки на Марсе был выбран купольный тип домов. Так как он имеет ряд преимуществ по сравнению с остальными и является простым для постройки с точки зрения сырья и расчетов на прочность.

Метод 3D печати был подобран с учетом изготовления сырья для строительства уже на новом месте. Выбранный метод печати – послойное экструдирование рабочей смеси. Смесь будет изготавливаться на основе грунта заселяемой планеты.

Для самой постройки был выбран тип робота – робот-манипулятор. Он сочетает в себе мобильность, универсальность, легкую настройку и требует минимальных подготовительных работ перед строительством. Так же такой робот имеет рабочую зону формы полусферы. Такая форма коррелируется с формой домов, которые будет строить данный робот.

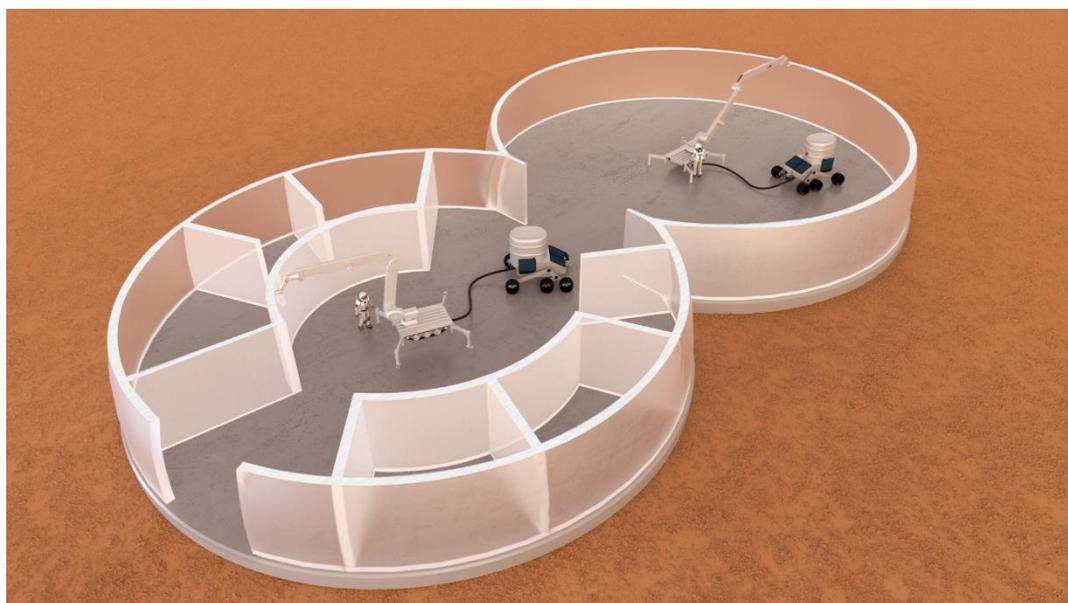


Рисунок 5.1 – модель робота строителя [8].

Робот будет оснащен системой технического зрения, для контроля работы и дистанционного управления. Для большей мобильности робот будет оснащен гусеницами, для лучшей проходимости и большей устойчивости. Так же робот

будет иметь всего две сгибающиеся части в «руке», но они будут телескопическими. Первые эскизы и модель представлены ниже (Рис. 5.1-5.3)

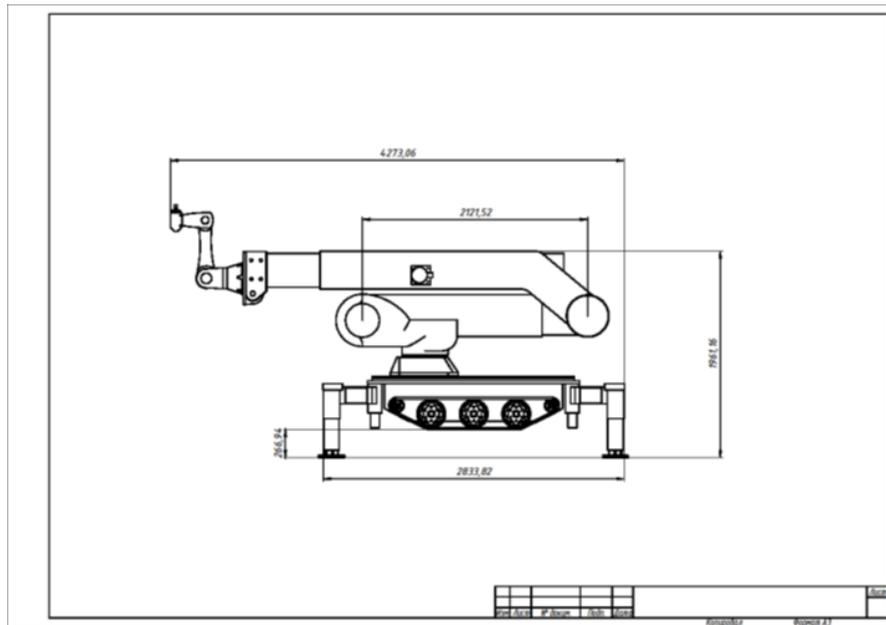


Рисунок 5.2 – Эскиз «робот в сложенном состоянии» [8].

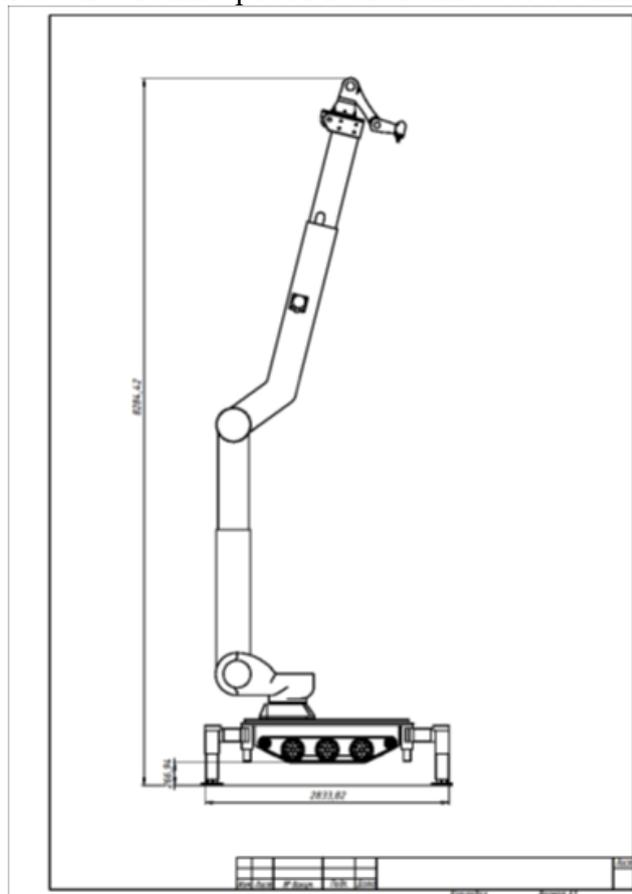


Рисунок 5.3 – Эскиз «робот в максимально разложенном состоянии» [8].

6 Проектирование привода выдвижения руки строительного робота

Для уменьшения сроков проектирования было принято решение разбить конструкцию робота на узлы и прорабатывать их параллельно. В данной работе был спроектирован узел выдвижения руки.

6.1 Выбор типа передачи

Для увеличения радиуса работы робота было принято решение конструировать руку робота таким образом, чтобы она имела изменяемую длину. Это позволит роботу быть более эффективным в процессе строительства. А также даст возможность строить дома купольной формы с большим диаметром основания по сравнению с роботами без возможности увеличить вылет руки.

Основными претендентами на использование в конструкции были три типа передач: гидравлическая передача (гидропривод), пневматическая передача (пневмопривод), механическая передача.

Гидропривод – это устройство, предназначенное для приведения в действие оборудования и содержащее в себе источники энергии (например, насосы, аккумуляторы) и потребители энергии (гидравлические двигатели), а также аппаратуру, гидравлические линии (трубопроводы) и рабочую среду (рабочую жидкость). [9]

Пневматический привод (пневмопривод) — совокупность устройств, которые предназначены для приведения в движение частей машин и механизмов посредством энергии сжатого воздуха. [10]

Пневмопривод, подобно гидроприводу, представляет собой своего рода «пневматическую вставку» между приводным двигателем и нагрузкой (машиной или механизмом) и выполняет те же функции, что и механическая передача (редуктор, ремённая передача, кривошипно-шатунный механизм и т. д.). Основное назначение пневмопривода, как и механической передачи, — преобразование механической характеристики приводного двигателя в соответствии с требованиями нагрузки (преобразование вида движения выходного звена двигателя, его параметров, а также регулирование, защита от перегрузок и др.).

Механической передачей называют устройств (механизм, агрегат), предназначенное для передачи энергии механического движения, как правило, с

преобразованием его кинематических и силовых параметров, а иногда и самого вида движения (вращательного в поступательное или сложное и т.п.). [11]

Гидравлический привод очень часто используется в технике в виду своей компактности и мощности. Гидравлические приводы часто применяют в станочных приспособлениях, автомобильной технике, самолетостроении, танкостроении и т.д.

Гидравлический привод имеет ряд преимуществ по сравнению с другими видами передач. А именно он при малых габаритах способен передавать усилия гораздо большие нежели механические или пневматические передачи. Например, в конструировании станочных приспособлений гидравлика используется на равне с механикой. А в станкостроении гидравлика не имеет равных при создании и конструировании различных прессов, штампов, наковален и т.д. Гидравлическая жидкость способна передать те усилия, на которые иногда механика не способна в виду своей малой прочности по сравнению с гидравлическими рабочими жидкостями. Самый наглядный бытовой пример гидравлики — это автомобильный домкрат или эстакада. Имея малые габариты гидравлические цилиндры способны удерживать большие массы.

Так же у гидравлики есть и свои минусы. Один из них — это дороговизна самих изделий. Элементы гидропривода должны быть изготовлены очень точно и иметь достаточно высокую шероховатость что бы обеспечить нужные характеристики изделия, а также исключить протекания рабочей жидкости. Так же сама рабочая среда не всегда является дешёвой и требует специального подбора перед использованием. Подбирается рабочая среда как правило из двух параметров. Это необходимые силовые и скоростные характеристики рабочего органа будущего агрегата и условия окружающей среды. Гидроприводы очень чувствительны к изменениям окружающей среды, а конкретно к внешней температуре. Связано это с тем что от температуры вокруг рабочего привода зависит вязкость рабочей жидкости и, следовательно, все ее свойства. Иногда рабочая жидкость может совсем замерзнуть и перестать выполнять свои функции. Или же при очень высокой температуре стать слабо вязкой и потерять все свои

свойства. По этой причине все гидравлические аппараты оснащаются разной рабочей жидкостью под разные температурные исполнения.

Именно из-за больших перепадов температур в космической среде на других планетах гидравлику сложно применять где-либо. Тем более в таких ответственных первостепенных рабочих органах. Возможно если разработать специальную жидкость, которая будет иметь достаточно хорошие характеристики при сильных перепадах температур, то можно было бы ее применить в нашем проекте. Но на данный момент такой возможности нет. Все существующие на рынке гидравлические жидкости либо работая в широком диапазоне температур имеют низкие характеристики по сравнению со аналогами, работающими в малом диапазоне температур, либо работают при слишком узком диапазоне что для данной работы не приемлемо.

Пневмоприводы могли бы заменить гидравлику в данном случае. Так как для пневмопривода можно было бы брать газ из любой атмосферы вне зависимости от температуры окружающей среды. Но на многих планетах атмосфера слишком разрежена и «собирать» воздух из нее достаточно проблемно и энергозатратно. Так, например, на Марсе атмосфера примерно в 63 раза менее плотная по сравнению с Земной. Плотность атмосферы Земли $-1,2754 \text{ кг/м}^3$, а плотность Марсианской атмосферы $-0,02 \text{ кг/м}^3$. Это говорит о том, что в Атмосфере Марса в 60 раз меньше частиц каких-либо газов. И для работы силового агрегата нам бы понадобилось в 60 раз больше времени что бы набрать тот объем воздуха, который бы позволил развить давление близкое к Земному атмосферному. Такой вариант не применим в данном случае. Еще и усугубляет тот факт, что для развития больших усилий в пневмоприводах используют сжатый воздух, который имеет еще большее давление и, следовательно, понадобится еще больше времени для «сбора» рабочего газа в атмосфере Марса. Так же для развития больших усилий придётся использовать слишком большие габариты по сравнению с другими типами приводов, что является отрицательным фактором при выборе привода, который будет в будущем транспортироваться в космосе.

Последний тип привода, который рассматривался – это механический привод. Этот привод является наиболее подходящим для космоса. Так этот привод изготавливается из материалов, которые менее подвержены различным воздействиям окружающей среды в сравнении с гидро- и пневмо- приводами. Так же механические приводы легче улучшать и ремонтировать, заменяя детали на те, которые учитывают недостатки прошлых изделий. Так же детали можно изготавливать той же конфигурации, но применять совсем другие материалы, которые могут быть разработаны в процессе эксплуатации. Еще одним плюсом является более интуитивный принцип работы механизмов, так как он более нагляден и в случае нештатной ситуации с ним будет проще разобраться менее квалифицированному специалисту.

Главное преимущество механики — это способность работать при разной температуре. Даже сейчас существуют стали способные работать как при низких, так и при высоких температурах. Например, хладостойкие стали работающие в условиях Северного-Ледовитого океана. Или стали работающие в литейной, горнодобывающей и др. промышленности. Так же всегда существует возможность сделать слоеную сталь, которая сможет проявлять лучшие свойства всех ее компонентов. Так же механические части гораздо проще ремонтировать и заменять в «полевых» условиях. Или же можно взять с собой дополнительные детали, которые подвергнуты быстрому износу или частой поломке. Например, не все гидравлические жидкости способны долго храниться без использования в работе, либо не находясь при специальных условиях.

Подводя итог механическая, передача является лучшим вариантом в данном случае. Главные преимущества механики это: простота конструкции, легкость подбора замены, меньшая требовательность к внешним условиям работы.

6.2 Подбор механической передачи

Для выдвижения руки робота было принято использовать механическую передачу. Из всех вариантов механических передач способных обеспечить линейное перемещение были рассмотрены некоторые из них. А именно зубчатая передача, шарико-винтовая передача и передача винт-гайка. Далее рассмотрим каждый тип механической передачи и её применимость в конкретном случае.

Зубчатая передача, трехзвенный механизм, в котором два подвижных звена являются зубчатыми колесами (или колесом и рейкой, червяком), образующими с неподвижным звеном (корпусом, стойкой) вращательную или поступательную пару. Различают зубчатые передачи цилиндрические, конические, гипоидные, волновые и др. [12]

В конкретном случае нам необходимо обеспечить линейное перемещение для выдвижения руки робота. Из всех зубчатых передач подходящей является только зубчатая передача рейка-шестерня.

Реечная передача имеет ряд преимуществ, такие как высокая надежность работы, Широкий диапазон нагрузок и скоростей, высокий КПД коэффициент полезного действия, простота обслуживания, относительно большой ресурс работы.

Но также есть у данного типа передачи и недостатки. А именно –высокие требования к точности изготовления как шестерни, так и самой рейки. Также шумность системы, получаемая в связи с неточностями изготовления, которые невозможно избежать ни в каком случае. И повышенная жесткость, которая уменьшает возможность компенсировать какие-либо динамические нагрузки, которые появляются в процессе в процессе работы. Что зачастую приводит к быстрому износу и в последствии к разрушению самой передачи и ее опорных частей.

Но главным недостатком передачи рейка-шестерня является компоновка. В нашем случае для обеспечения выдвижения руки робота необходимо будет совместить шестерню с рабочим органом, что даст нам консольное расположение

привода шестерни. Относительное расположение рейки и шестерни показано ниже (Рис. 6.1).

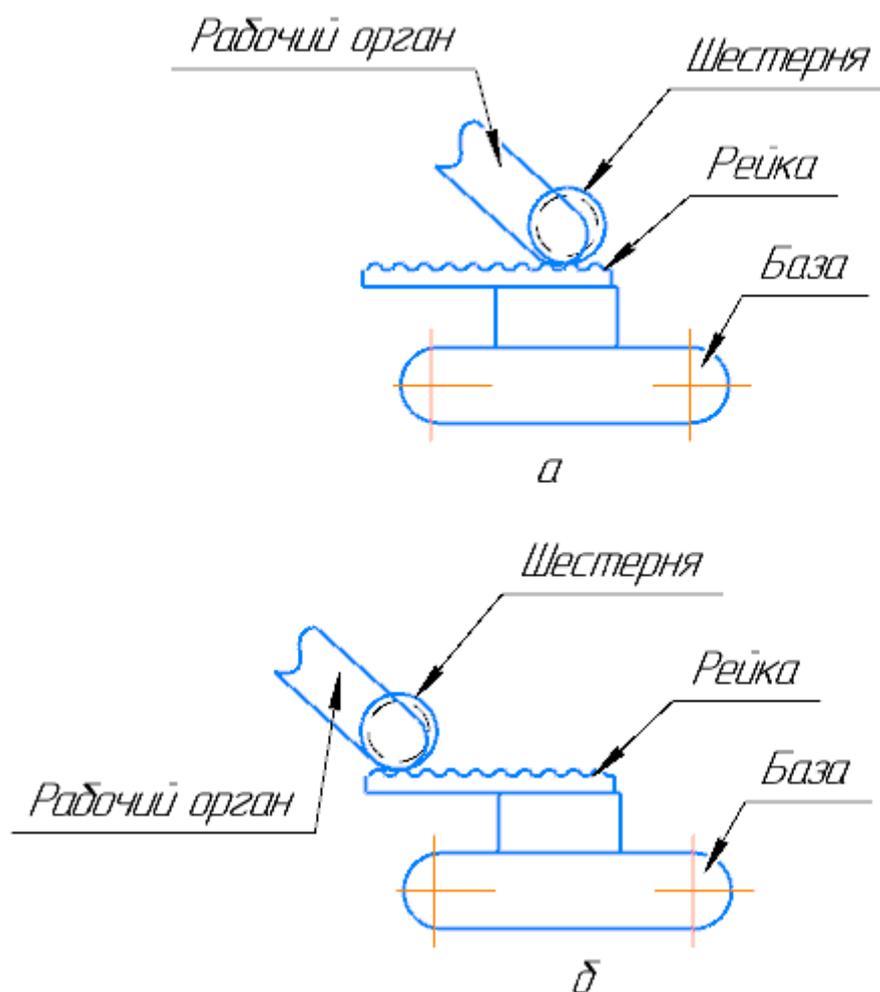


Рисунок 6.1 – положение шестерни и рейки относительно друг друга (а – рука имеет минимальный вылет, б – рука робота имеет максимальный вылет)

При таком расположении привод вращения шестерни будет добавлять своей массой больше нагрузки на передачу, а также будет необходимо обеспечивать точное базирование шестерни на рейке что бы не получить заклинивание, перекос или выход из зацепления.

Если же расположит шестерню стационарно на базе робота, то возникнет другая проблема – неиспользуемая часть рейки будет являться препятствием при маневрировании робота в процессе печати.

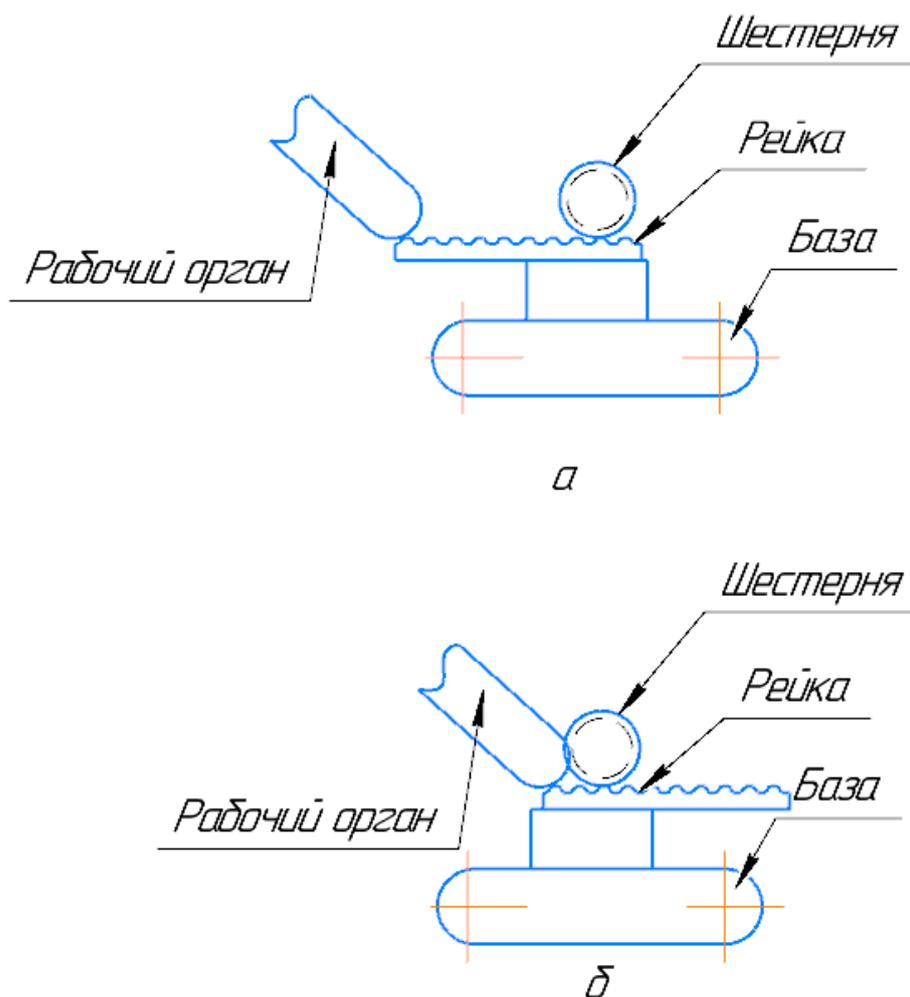


Рисунок 6.2 - положение шестерни и рейки относительно друг друга (а – рука имеет максимальный вылет, б – рука робота имеет минимальный вылет)

И в том и в другом случае на ведущую шестерню будет приходиться повышенная нагрузка, для ее компенсации придётся устанавливать дополнительный редуктор. Либо же часто менять ведущую шестерню из-за постоянного увеличенного износа.

По этим причинам данная передача не подходит в конкретном случае из-за своих недостатков. В частности, главным из них является плохая компоновка относительно других узлов.

Передача винт гайка Передача винт-гайка — винтовая механическая передача, преобразующая вращательное движение в поступательное, или наоборот. В общем случае она состоит из винта и гайки.

Основные плюсы передачи винт-гайка — это простота конструкции, большая точность при линейном передвижении (зависит от шага резьбы), плавность и

бесшумность работы. Так же данный тип передачи позволяет использовать меньшие габариты при той же силе по сравнению с передачей рейка шестерня. Одним словом, большая несущая способность.

Недостатки такой передачи — это несомненно низкий коэффициент полезного действия из-за потерь энергии на трение в резьбе. Так же передача винт-гайка плохо себя проявляет при передаче вращения на больших частотах. В нашем случае высоких частот вращения не предвидится поэтому этот недостаток практически не имеет значения. А низкий коэффициент полезного действия можно избежать, используя передачу шарико-винтовую. Одним из основных достоинств передачи винт гайка является более удобная компоновка по сравнению с передачей рейка шестерня. Такая компоновка представлена ниже (Рис. 6.3), позволяет расположить электропривод в одном месте и не заставлять его перемещаться вместе со всем рабочим органом.

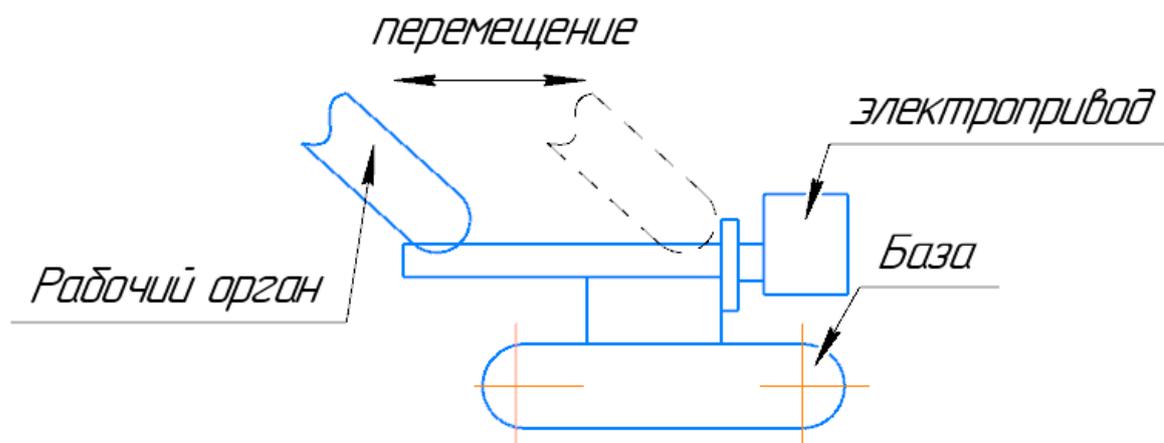


Рисунок 6.3 – компоновка робота с передачей винт-гайка

Шарико-винтовая передача — это высокоэффективный метод преобразования вращательного движения в линейное с помощью использования механизма циркулирующего шарика между ходовым винтом и гайкой. По сравнению с традиционной скользящей винтовой передачей вращающий момент для шарико-винтовой передачи уменьшается в три раза и более, что делает ее оптимальной для экономии мощности электродвигателя.

Помимо того, что шарико-винтовая передача обладает всеми теми же плюсами что и обычная передача винт-гайка, она имеет ряд дополнительных

преимуществ. Это более высокий коэффициент полезного действия, который достигает 0,85-0,9 и более. Это связано с тем что трение качения меньше трения скольжения. Так же благодаря телам качения данная передача имеет большую несущую способность по сравнению с классической передачи винт-гайка. Еще одно преимущество — это больший ресурс и меньший износ по сравнению с винтовой передачей без тел качения.

Однако, шарико-винтовая передача имеет и свои недостатки. Основной это трудоемкость при изготовлении как гайки, так и винта. Необходимо обеспечить высокую точность изготовления дорожек качения. А также необходимо выполнить достаточно высокий показатель шероховатости. Так как для тел качения этот параметр является очень важным и минимальным показателем шероховатости дорожек является шероховатость Ra0,8. Так же изготовление самих шариков для наполнения передачи это не самое простое с точки зрения технологии занятие. Далеко не каждое предприятие может обеспечить производство таких изделий. Доказательством тому служит такая отрасль машиностроения как изготовление подшипников. В этой отрасли имеются свои стандарты, посадки и даже отдельные материалы для изготовления тел качения такие стали как ШХ15, ШХ20, 95Х18 и т.д.

Еще одним немаловажным недостатком в нашем конкретном случае являются высокие требования передачи к чистоте от загрязнений мелкодисперсной пылью и различного рода порошками. Потому как мелкодисперсные частицы попадая внутрь гайки и соприкасаясь с телами качения становятся абразивом и «съедают» шарики. Так же мелкодисперсные частицы способствуют разрушению дорожек качения, ведь под нагрузкой от тел качения они продавливают в дорожках, вмятины, которые в последствии становятся очагами разрушения винта и гайки. И рабочая поверхность как винта, так и гайки покрывается трещинами или начинает выкрашиваться подобно бетону. При условиях использования робота на других планетах, таких как Марс и др. загрязнения мелкодисперсным песком будут очень часты. Так как Марс знаменит своими пылевыми бурями и 2021 году уже заставил один поисковой робот заснуть в своей пылевой буре.

Подводя итог и выбирая из всех вышеперечисленных механических передач была выбрана передача винт-гайка. Она имеет достаточные преимущества перед другими, а ее недостатки не слишком критичны что бы отказываться от нее. Так же такой тип передачи достаточно просто komponуется в общей сборке вместе с другими узлами робота.

6.3 Расчет передачи винт-гайка

Далее произведем расчет передачи винт-гайка. Руководствоваться при расчетах будем методикой [13]. Цель данного расчета – определить геометрические параметры передачи винт-гайка, которые смогут обеспечить ее работоспособность при заданных условиях нагружения.

- Принятые параметры для расчетов:
- Длина вылета руки робота – 2,5м
- Масса экструдера для печати – 5кг
- Масса рабочего материала для печати – 3кг/м
- Масса поворотного механизма – до150кг
- Масса привода для винтовой передачи – до100 кг

Итого длина общая масса нагрузки $m=513$ кг.

6.3.1 Предварительный расчет винта

Основной причиной выхода из строя передачи скольжения является износ витков резьбы гайки.

Условие износостойкости резьбы

$$p_n = \frac{F_a}{\pi \cdot d_{2p} \cdot h \cdot z} \leq [p_n], \text{ Н/мм}^2,$$

где p_n – среднее рабочее давление в резьбе, Н/мм²;

F_a – осевая сила, действующая на винт, Н;

h – рабочая высота профиля резьбы, $h = \Psi h \cdot P$;

Ψh – коэффициент относительной высоты профиля резьбы: для трапецидальной – 0,5; для упорной – 0,75; для метрической – 0,54;

P – шаг резьбы, мм;

z – число витков резьбы в гайке, $z = H/P$;

H – высота гайки, мм;

$[p_n]$ – допускаемое давление в резьбе (табл.1), Н/мм².

Таблица 6.1 – Допускаемое давление в резьбе

Материалы винтовой пары (винт – гайка)	Допускаемое давление p_n , Н/мм ²
Сталь закаленная – бронза оловянная	12
Сталь незакаленная – бронза оловянная	9
Сталь закаленная – бронза безоловянная или антифрикционный чугун	8
Сталь незакаленная – бронза безоловянная или антифрикционный чугун	7
Сталь незакаленная – серый чугун	5
Сталь – сталь	16

Давление в резьбе винтовых механизмов точных приборов принимают в 2 ÷ 3 раза меньше, чем в грузовых устройствах.

При проектном расчете из условия износостойкости определяют средний диаметр резьбы по формуле:

$$d_{2p} \geq \sqrt{\frac{F_a}{\pi \Psi_h \Psi_H [p_n]}}, \text{ мм}$$

где $\Psi_H = H/d_2p$ – коэффициент высоты гайки: для цельных гаек $\Psi_H = 1,2 \div 2,0$.

Вычислим первичный диаметр для нашего случая. Для этого подберем допускаемое давление в резьбе $p_{и}$, коэффициенты высоты гайки и относительной высоты профиля резьбы. А также вычислим осевую силу F_a .

$$F_a = mg = 513 * 9,8 = 5027,4 \text{ Н};$$

Коэффициенты примем:

$$\Psi_h = 0,5;$$

$$\Psi_H = 2;$$

$$[p_{и}] = \frac{12}{3} = 4$$

Первичный диаметр:

$$d_{2p} = \sqrt{\frac{F_a}{\pi \Psi_h \Psi_H [p_{и}]}} = \sqrt{\frac{5027,4 * 1,2}{3,14 * 0,5 * 2 * 4}} = 21,916 \text{ мм.}$$

Далее вычислим минимальный шаг резьбы по формуле:

$$P_{\min} = \frac{\Psi_H * d_{2p}}{z} = 4,383$$

Подберем ближайшую стандартную резьбу согласно ГОСТ 24739-81. Такая резьба имеет параметры $d_2=20$ мм, $P=4$ мм, $n=2$.

6.3.2 Проверка условия самоторможения резьбы

При необходимости выбранную резьбу проверяют на выполнение условия самоторможения

$$\psi < \varphi';$$

где $\psi = \arctg(P_h/(\pi \cdot d_2))$ – угол подъема винтовой линии резьбы;

$P_h = P \cdot n$ – ход резьбы; P – шаг резьбы; n – число заходов;

$\varphi' = \arctg(f/\cos \gamma)$ – приведенный угол трения;

f – коэффициент трения в резьбе: для стального винта и бронзовой гайки

при хорошей смазке $f \approx 0,1$; для стального винта и стальной гайки $f \approx 0,18$;

для стального винта и чугунной гайки $f \approx 0,15$;

γ – угол наклона рабочей стороны профиля резьбы: для трапецеидальной резьбы $\gamma = 15^\circ$; для упорной резьбы $\gamma = 3^\circ$; для метрической резьбы $\gamma = 30^\circ$.

Вычислим угол трения и угол подъема винтовой линии резьбы:

$$\psi = \arctg\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctg\left(\frac{4 \cdot 2}{3,14 \cdot 20}\right) = 0,127;$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{f}{\cos(\gamma)}\right) = \arctg\left(\frac{0,1}{\cos(15^\circ)}\right) = 0,103;$$

В данном случае условие самоторможение при наших данных не выполняется, следовательно, надо взять резьбу, следующую по типоразмеру согласно ГОСТ 24739-81. Чтобы резьба проходила по условию самоторможения и следующим условиям методом итераций была подобрана резьба с параметрами $d_2=80$ мм, $P=4$ мм, $n=2$. Проверим условие самоторможения для неё:

$$\psi = \arctg\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right) = \arctg\left(\frac{4 \cdot 2}{3,14 \cdot 80}\right) = 0,032;$$

$$\varphi = \arctg\left(\frac{f}{\cos(\gamma)}\right) = \arctg\left(\frac{0,1}{\cos(15^\circ)}\right) = 0,103;$$

Как мы видим условие выполняется:

$$\psi < \varphi';$$

$$0,032 < 0,103;$$

6.3.3 Проверочный расчет винта на прочность

Предварительно выбранные размеры винта сконструированной винтовой передачи проверяются на прочность при совместном действии напряжений сжатия (растяжения) и кручения в опасном сечении.

Условие прочности винта по эквивалентному напряжению:

$$\sigma_E = \sqrt{\sigma_{c(p)}^2 + 3 \cdot \tau_{кр}^2} \leq [\sigma_{c(p)}], \text{ Н/мм}^2,$$

где $[\sigma_{c(p)}] = 4 \cdot F_a / (\pi \cdot d_3^2)$ – напряжения сжатия (растяжения), Н/мм²;

$\tau_{кр} = T/W_k$ – напряжения кручения, Н/мм²;

T – вращающий момент, скручивающий винт, Н·мм;

$W_k \approx 0,2 \cdot d_3^3$ – момент сопротивления кручению поперечного сечения винта, мм³;

$[\sigma_{c(p)}]$ – допускаемые напряжения сжатия (растяжения), Н/мм².

$$[\sigma_{c(p)}] = \frac{\sigma_T}{S};$$

где σ_T – предел текучести выбранного материала винта, Н/мм²;

[S] = 3 – коэффициент запаса прочности винта.

Вращающий момент T, который необходимо приложить к винту или гайке для преодоления момента сил трения в резьбе T_B определяется по формуле:

$$T_B = F_a \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') = 5027 \cdot \frac{80}{2} \cdot \operatorname{tg}(0,032 + 0,103) = 27,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Найдем напряжения сжатия и кручения:

$$\sigma_{c(p)} = \frac{4F}{\pi \cdot d_3^2} = \frac{4 \cdot 5027}{3,14 \cdot 75,5^2} = 1,124 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{T}{W} = \frac{T}{0,2 \cdot d_3^3} = \frac{27,3}{0,2 \cdot 75,5^3} = 0,317 \text{ МПа};$$

Таким образом эквивалентное напряжение будет равно:

$$\sigma_E = \sqrt{[\sigma_{c(p)}]^2 + 3 \cdot \tau_{кр}^2} = 1,251 \text{ МПа}$$

Таким образом выбираем по допустимым напряжениям подходящую сталь из марочника сталей. Примем сталь 45X закаленную с охлаждением в масле до

твердости 48HRC. Коэффициент прочности в таком случае 1,41. Это значит, что наш винт будет недогружен на 30–40%.

6.3.4 Проверка винта на устойчивость

Винты, работающие на сжатие, проверяют на устойчивость при продольном изгибе. Условие обеспечения прочности и устойчивости винта:

$$\sigma_{сж} = 4 \cdot F_{\alpha} / (\pi \cdot d_3^2) \leq \varphi \cdot [\sigma_{сж}], \text{ Н/мм}^2,$$

где φ – коэффициент понижения допускаемого напряжения сжатия, который выбирают в зависимости от гибкости стержня винта по табл.3.

Гибкость стержня винта

$$\lambda = \mu \cdot L / i,$$

где μ – коэффициент приведения длины, учитывающий способ закрепления концов винта (табл.2); примем равным 0,5

L – длина сжатого участка винта, мм;

i – радиус инерции поперечного сечения винта, $i \approx d_3/4$, мм.

$$i = \frac{d_3}{4} = \frac{75,5}{4} = 18,875$$

Таблица 6.2 – Коэффициент приведения длины стержня винта

Закрепление концов стержня	μ	Пример
Оба конца закреплены шарнирно	1	Винт пресса, пята сферическая
Один конец заделан, другой закреплен шарнирно	0,7	Винт пресса, гайка высокая, пята сферическая, винт отводки
Один конец свободен, другой конец заделан	2	Винты домкратов и съемников
Один конец заделан, поворот другого ограничен	0,6	Винт пресса, пята плоская
Оба конца заделаны	0,5	На обоих концах винта неподвижные сдвоенные опоры – ходовые винты

Вычислим гибкость стержня:

$$\lambda = \frac{\mu \cdot L}{i} = \frac{0,5 \cdot 5000}{18,875} = 132,45$$

Таблица 6.3 – значение коэффициента понижения допускаемого напряжения сжатия

λ		0	0	0	0	0	0	00	20	40	60
	,00	,91	,86	,82	,76	,70	,62	,51	,37	,29	,24

$$\sigma_{сж} = 1,124 \leq 0,29 * 470$$

Условие соблюдается. При проверке на устойчивость различают винты малой, средней и высокой гибкости. При значениях гибкости $\lambda \leq 55$ проверку на продольный изгиб можно не выполнять. Стальные винты при гибкости $\lambda \geq 100$ проверяют на устойчивость по Эйлеру по величине критической силы

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{S \cdot (\mu \cdot L)^2} \geq F_{\alpha}, \text{ Н},$$

где E – модуль упругости материала, Н/мм²;

S – коэффициент запаса устойчивости: для вертикально расположенных винтов $S = 2,5 \div 4,0$; для горизонтальных $S = 3,5 \div 5,0$;

J – осевой момент инерции сечения винта

$$J = \frac{\pi * d_3^4}{64}, \text{ мм}^4$$

Принимая для стального винта $E = 2,1 \cdot 10^5$ Н/мм² и $S = 3$, получаем

$$F_{кр} = 3,4 \cdot 10^4 \cdot \frac{d_3^4}{(\mu \cdot L)^2} \geq F_{\alpha}, \text{ Н}.$$

Вычислим $F_{кр}$:

$$F_{кр} = 3,14 * 10^4 * \frac{d_3^4}{(\mu * L)^4} = 3,14 * 10^4 * \frac{75,5^4}{(0,5 * 5000)^4} = 176 \cdot 10^3 \text{ КН};$$

$$F_{\alpha} = 5,027 \text{ КН}$$

Условие устойчивости винта соблюдено.

6.3.5 Расчет гайки

Конструкции гаек представлены на рисунке 6.4. Число рабочих витков гайки $z_p = \Psi_H \cdot d_2/P \leq z_{\max} = 10$.

$$z_p = \frac{2 * 80}{4} = 40$$

Полученное значение числа витков гайки округляем до ближайшего целого числа.

Высота гайки:

$$H = z \cdot P = 40 * 4 = 160, \text{ мм.}$$

Для равномерного распределения нагрузки по виткам резьбы высоту буртика гайки принимают $h_6 = 0,25 \cdot H = 40$.

Наружный диаметр гайки D_r определяют из условия прочности на растяжение с учетом кручения

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot F_a \cdot k_{кр}}{\pi \cdot (D_r^2 - d^2)} \leq [\sigma_p], \text{ Н/мм}^2.$$

Откуда:

$$D_r \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_a \cdot k_{кр}}{\pi \cdot [\sigma_p]} + d^2}, \text{ мм,}$$

где $k_{кр}=1,3$ – коэффициент, учитывающий кручение гайки;

$[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение растяжения:

- для бронзовых гаек $[\sigma_p] = 50 \text{ Н/мм}^2$;
- для чугунных гаек $[\sigma_p] = 40 \text{ Н/мм}^2$;
- для стальных гаек $[\sigma_p] = \sigma_T/3, \text{ Н/мм}^2$.

По технологическим соображениям принимают $D_r \geq d+10, \text{ мм}$.

Вычислим диаметр гайки:

$$D_r \geq \sqrt{\frac{4 * F_a * k_{кр}}{\pi * [\sigma_p]} + d^2} = \sqrt{\frac{4 * 5027 * 1,3}{3,14 * 50} + 84,5^2} = 95,48$$

Примем $D_r=96$ мм. Но по технологическим причинам придётся принять $D_r=d+2*10=95,5 \approx 100$

Наружный диаметр буртика гайки D_6 определяют из условия прочности на смятие по опорной кольцевой поверхности:

$$\sigma_{см} = \frac{4 \cdot F_{\alpha}}{\pi \cdot (D_6^2 - D_r^2)} \leq [\sigma_{см}], \text{ Н/мм}^2.$$

Следовательно:

$$D_6 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\alpha}}{\pi \cdot [\sigma_{см}]} + D_r^2}, \text{ мм,}$$

где $[\sigma_{см}]$ – допускаемое напряжение смятия:

для бронзовых гаек $[\sigma_{см}] = 70 \div 80 \text{ Н/мм}^2$;

для чугунных гаек $[\sigma_{см}] = 60 \div 80 \text{ Н/мм}^2$.

Вычислим диаметр бурта:

$$D_6 \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_a}{\pi \cdot [\sigma_{см}]} + D_r^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 50273}{3,14 \cdot 75} + 95^2} = 104,951$$

Округлим полученное значение и примем $D_6=115$ мм.

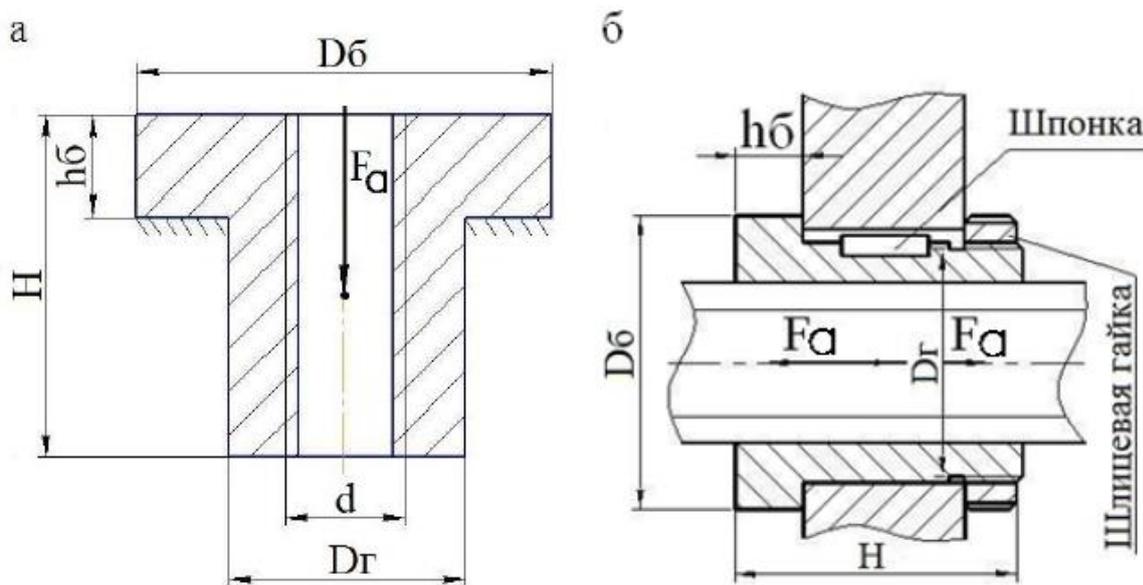


Рисунок 6.4 – конструкции гаек винтовой передачи. а – постоянного направления; б – переменного направления.

6.3.6 Проверочный расчет шпонки гайки

Шпоночные соединения всегда проверяются на срез и смятие. При наших диаметрах по ГОСТ 23360-78 подходит шпонка 28x16 и длиной 50мм.

Рассчитаем допустимый момент для данной шпонки из условий прочности на смятие и срез.

Формула расчета шпонки на смятие:

$$M = 0.5 \cdot d \cdot k \cdot l \cdot \sigma_{см} = 0,5 \cdot 100 \cdot 10 \cdot 50 \cdot 59 = 2725,8 \text{ Нм};$$

Где:

- M - крутящий момент в Н*мм;
- d - диаметр вала в мм;
- k - выступ шпонки в мм;
- l - длина шпонки в мм;
- $\sigma_{см}$ - допустимое напряжение на смятие в МПа.
- $\sigma_{см} = 0,1 \cdot \sigma_T$
- $\sigma_T = 590$ МПа по ГОСТ 23360-78

Формула расчета шпонки на срез:

$$M = 0.5 \cdot (d+k) \cdot b \cdot l \cdot \tau_{ср} = 0.5 \cdot (100+10) \cdot 28 \cdot 50 \cdot 35,4 = 1475 \text{ Нм};$$

Где:

- M - крутящий момент в Н*мм;
- d - диаметр вала в мм;
- k - выступ шпонки в мм;
- b - толщина шпонки в мм;
- l - длина шпонки в мм;
- $\tau_{ср}$ - допустимое напряжение на срез в МПа.
- $\tau_{ср} = 0,06 \cdot \sigma_T$
- $\sigma_T = 590$ МПа по ГОСТ 23360-78

Как видно из проверочных расчетов допускаемые моменты для данной шпонки сильно выше момента трения в резьбе.

6.4 Защитный корпус

Для расчета нагрузок на корпус воспользуемся специализированным ПО – ЛИРА САПР. Она позволяет рассчитать напряжения и перемещения детали или сборки в зависимости от прилагаемых нагрузок и поперечного сечения детали или деталей сборки.

ЛИРА САПР — многофункциональный программный комплекс для проектирования и расчёта строительных и машиностроительных конструкций различного назначения. Реализованный метод расчета — метод конечных элементов.

Для расчета построим прямую длиной пять метров. Это и будет модель нашего корпуса. Далее разобьем его на десять равных частей. Это необходимо для более точного расчета. Стоит заметить, что чем больше точек разбиения, тем точнее расчеты. Но с увеличением количества точек будет увеличиваться и время расчета в программе. Для данного расчета десяти точек вполне достаточно. Далее наложим нагрузку от веса электродвигателя и нагрузку от поворотного механизма – 5 КН. Также наложим распределенную нагрузку от собственного веса и от веса навесного оборудования робота. Для этого воспользуемся встроенной функцией назначения собственного веса. Но добавим коэффициент 1,3 что бы имитировать нагрузку от навесного оборудования робота-манипулятора. Полученная модель представлена в приложении Б1. На ней видно разбиты ранее участки балки, крепления (показанные прямоугольниками, разбитыми на цветные квадраты)

Для задания жесткости необходимо выбрать профиль поперечного сечения. Была выбрана форма квадрата. Так как она лучше komponуется и позволит в дальнейшем более удобно разместить на корпусе как другое оборудование, так и каретку перемещения.

Путем перебора была подобрана оптимальная форма корпуса. Представлена ниже (Рис. 6.5).

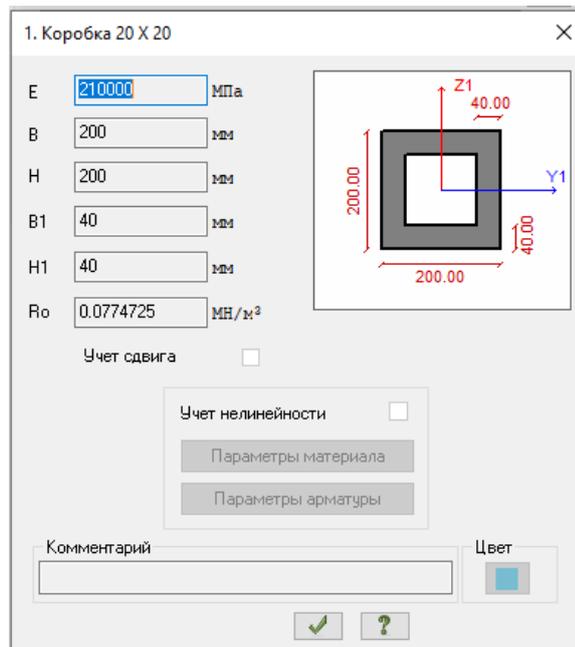


Рисунок 6.5 – форма поперечного сечения (изображение в программе ЛИРА САПР)

Для данного сечения были получены результаты представлены в приложении Б2 и Б3. При заданной форме сечения и имеющихся нагрузках напряжения, возникающие в поперечном сечении не выходят за предел прочности. А максимальные перемещения не превышают 0,132 мм что удовлетворяет нашему заданию.

6.5 Подбор подшипников и манжеты

Расчет подшипников будем проводить по статической нагрузке, так как в данном случае у нас нет высоких оборотов или нагрузок во время вращения. В данном случае нагрузка статическая более важна. Расчетная схема будет выглядеть следующим образом:

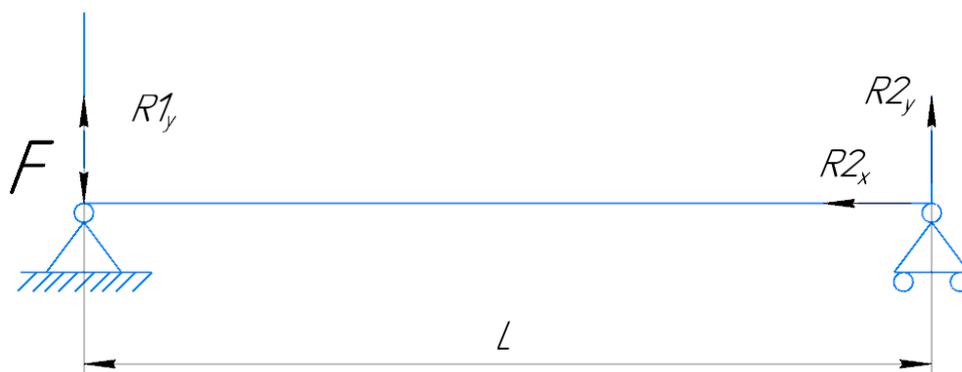


Рисунок 6.6 – схема для расчета подшипника

В схеме сила $F=5\text{кН}$, а длина $L=5\text{м}$. Из схемы видно, что реакция в опорах подшипников будет равна по модулю силе F . Составим уравнение моментов относительно точки в опоре 2.

$$\sum M_1 = F * L - R1_y * L = 0$$

Из данного уравнения следует:

$$\sum R1_y = \frac{F * L}{L} = F = 5\text{кН}$$

Далее подберем подшипник, выдерживающий такую статическую нагрузку в 5кН. По нашим габаритам и нагрузкам, подходящим является подшипник «SKF 22216E». Это радиальный роликовый двухрядный подшипник – ролики в нем расположены под углом к оси вращения. Это позволит подшипнику воспринимать осевые нагрузки безболезненно. Так же диапазон его рабочих температур достаточно широк – от -40° до $+100^{\circ}$ Внутренний диаметр такого подшипника 80 мм, а внешний диаметр 140мм. Ширина колец данного подшипника 33мм. Статическая нагрузка такого подшипника $C_0=27\text{кН}$. К такому подшипнику по размерам подойдет Манжета 2.2-80x110-2 ГОСТ 8752-79. Внутренний и внешний диаметры 80 и 110 мм. соответственно, а ширина 10 мм.

Вывод

В разделе были рассмотрены космические условия и возможность строительства в них. Были рассмотрены разные конструкции домов и выбрана оптимальная из них.

По итогам раздела были рассмотрены различные имеющиеся на рынке способы 3D-печати архитектурных сооружений. Также были рассмотрены и различные типы роботов, осуществляющих 3D-печать. Проанализировав собранный материал был выбран тип робота, а также спроектирован один из его приводов. А именно привод выдвижения руки. Для этого была выбрана передача винт-гайка, произведен её полный расчет (расчет винта, расчет гайки), были рассчитаны геометрические параметры корпуса привода при помощи специализированного программного обеспечения, выбраны подшипники.

В результате был спроектирован узел «привод линейного выдвижения руки робота манипулятора». Конструкторская документация на который представлена в приложении В.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4АМОК	Бекузин О.А.

Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	Материаловедение
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	21.02.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Гасанов М.А.	К.Т.Н доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ9К	Бекузин О.А.		

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности

исследования.

Целью НИР является исследование и разработка привода линейного перемещения (выдвижения) руки строительного робота для работы в условиях космоса.

Суть разработки — это технические расчеты, кинематические схемы и т.д. Итогом разработки является комплект конструкторской документации. Все расчеты, моделирование и т.д. ведутся при помощи персонального компьютера. В связи с этим большая часть расходов — это заработная плата исполнителей, так как экспериментов и опытов не проводится вовсе.

7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Строительством человечество занимается с самого начала своего существования и достигла в этой сфере больших успехов. Поэтому данная сфера

очень инертна и в ней редко можно встретить кардинальные изменения или инновации. Но существуют такие ниши, которые еще не заполнены в виду того что имеющиеся на рынке технологии достаточно дороги для тех потребителей которые имеются в данный момент. Такой нишей считается и строительство домов в труднодоступных местах в регионах с слаборазвитой экономикой и низкой покупательской способностью.

Например, для строительства обычного жилого дома в лесах Амазонии необходимо первоначально провести все коммуникации для обеспечения строительных нужд. Такие как электричество, вода, качественные дороги для доставки строй материала.

В отличии от классического строительства роботы для 3D печати домов не требовательны ко многим ресурсам. Такие роботы могут печатать из сырья уже имеющегося на месте постройки, либо это сырье можно получать из сырья прямо на месте строительства. Еще одним важным преимуществом является малое потребление энергоресурсов такого робота. Так же робот может работать круглые сутки и для его работы не нужен оператор. Достаточно иметь одного наладчика который может следить сразу за десятком таких роботов и вводить корректировки в случае необходимости.

Таким образом можно выделить основного потребителя данного продукта – это государства или компании, нуждающиеся в строительных услугах в сложно доступных местах как Земли, так и других планет.

7.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Данная разработка не имеет конкурентов, так как сам по себе рынок не сформирован. И выделить здесь потребителей и поставщиков нет возможности. Фактически потребителем/заказчиком всегда является какое-либо государство, потому как так исследования требуют научных изысканий в различных сферах и не всегда имеют определенный бюджет. Например, последняя разработка орбитального телескопа «Джеймс вебб» заняла более 10 лет работы, и финансирование все время росло так как разрабатываемый продукт был первым в своем роде и многие технологии приходилось придумывать заново.

Конструирование такого рода механизмов для условий работы в космосе это фактически спец. заказ и является штучным товаром и не имеющим аналогов. Для анализа были рассмотрены похожие аналоги, занимающиеся разработкой для нормальных (Земных) условий. В ходе исследования были рассмотрены различные типы роботов в сфере строительства и 3D печати на Земле:

- 1) Портальные роботы, представленные компанией АМТ
- 2) Роботы типа «дельта», представленные компанией WASP BigDelta
- 3) Роботы манипуляторы, представленные компанией «Апис Кор Инжиниринг»

Конкурененты в данной сфере это уже имеющиеся разработки, которые поставляются на рынок. Основные поставщики данного оборудования — это компании АМТ, Apis Core, CyBe Construction, WASP.

Российская компания АМТ входит в группу компаний «АМТ-СПЕЦАВИА». Сфера ее деятельности — разработка и производство строительных 3D-принтеров, продажа и сервисное обслуживание оборудования на зарубежных рынках. Ассортимент компании состоит из семи 3D-принтеров разных размеров.

Российская компания «Апис Кор Инжиниринг» (Apis Cor) — разработчик уникального мобильного строительного 3D-принтера, который печатает дом целиком на месте строительства.

Итальянский производитель WASP создал крупнейший на сегодняшний день строительный 3D-принтер. Проект BigDelta — это строительная 3D-печать с использованием природных материалов. В качестве «расходников» используется прессованная солома и земля.

Таблица 7.1 – Сравнение конкурентных технических решений (исследовательских работ).

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкуренто-способность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
2. Энергэффективность	0,2	3	2	2	0,6	0,4	0,4
3. Удобство монтажа	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
4. Скорость работы	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
5. Надёжность	0,25	4	3	3	1	0,75	0,75
6. Компактность	0,2	5	2	2	1	0,4	0,4
7. Устойчивость к внешним воздействиям	0,1	4	3	2	0,4	0,3	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена на расходы	0,025	5	5	5	0,125	0,125	0,125
2. Конкурентоспособность исследовательской работы	0,025	3	3	3	0,075	0,075	0,075
3. Финансирование научного исследования	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
Итого	1	42	33	34	4,15	2,8	2,8

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j,$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_j – балл i -го показателя.

7.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 7,2:

Таблица 7.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.	Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.
С2. Более точные результаты исследования по сравнению с другими технологиями.	Сл2. Не достаточное количество исполнителей
С3. Мобильность робота	Сл3. Маленькая оплата труда
С4. Дешевизна разработки	Сл4. Не большой опыт в данной сфере
С5. Квалифицированный персонал.	Сл5. Отсутствие финансирования на первых этапах
Возможности	Угрозы
В1. Появление дополнительного спроса на полученные результаты исследования в учебной и научной сфере	У1. Срыв проекта из-за отсутствия исполнителей
В2. Появление потенциального спроса на новые разработки в сфере труднодоступного строительства	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Внедрение технологии в космической области.	У3. Уход исполнителей
В4. Продажа технологии более крупному производителю	У4. Отсутствие спроса на новые результаты исследования в частных предприятиях.
В5. Привлечение новых исполнителей для выполнения всего комплекса работ	У5. Потеря актуальности в связи с длительной разработкой

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надёжность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 7.3–7.6:

Таблица 7.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны».

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	-	-	-	-	-
	В2	-	-	-	+	-
	В3	-	-	+	-	-
	В4	-	-	-	-	-
	В5	-	-	-	-	+

Таблица 7.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны».

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	+	+	-	-	+
	В2	+	+	-	-	+
	В3	+	-	+	-	+
	В4	+	-	+	+	+
	В5	-	+	-	+	-

Таблица 7.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны».

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	-	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-	-
	У4	-	-	-	-	-
	У5	-	-	-	-	-

Таблица 7.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны».

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	+	+	+	+
	У2	-	-	-	-	-
	У3	-	+	+	+	-
	У4	-	-	-	-	-
	У5	-	-	-	-	+

В рамках третьего этапа должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в работе (табл. 7.7).

Таблица 7.7 SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Более точные результаты исследования по сравнению с другими технологиями. С3. Мобильность робота С4. Дешевизна разработки С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца. Сл2. Не достаточное количество исполнителей Сл3. Маленькая оплата труда Сл4. Не большой опыт в данной сфере Сл5. Отсутствие финансирования на первых этапах</p>
<p>Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на полученные результаты исследования в учебной и научной сфере В2. Появление потенциального спроса на новые разработки в сфере труднодоступного строительства В3. Внедрение технологии в космической области. В4. Продажа технологии более крупному производителю В5. Привлечение новых исполнителей для выполнения всего комплекса работ</p>	<p>Наилучший исход событий это получение дополнительных ресурсов как трудовых так и материальных в случае если технология окажется интересна каким либо инвесторам/покупателям</p>	<p>Главная проблема это отсутствие кадров и достаточного финансирования для дальнейшей разработки</p>
<p>Угрозы: У1. Срыв проекта из-за отсутствия исполнителей У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок. У3. Уход исполнителей У4. Отсутствие спроса на новые результаты исследования в частных предприятиях. У5. Потеря актуальности в связи с длительной разработкой</p>	<p>Все сильные стороны проекта, а также специфика работы компенсируют угрозы, которые существуют из вне. Так как работа является студенческим проектом и не носит большого коммерческого характера.</p>	<p>Для устранения всех угроз и слабых сторон, необходимо тщательно подбирать кадры для выполнения работы. Так что бы они были заинтересованы в разработке и не утратили её в процессе работы.</p>

Вывод SWOT-анализу: в ходе анализа были рассмотрены все сильные и слабые стороны научного проекта, а также разъяснены все его последствия. Как позитивные, так и негативные – возможности и угрозы. SWOT–анализ показал что,

данная разработка может иметь два кардинально отличающихся исхода событий. Первый это очень хороший вариант, при котором к данной разработке появится интерес у сторонних производителей, исследователей. Что приведет к увеличению финансирования и появлению новых кадров, которые ускорят разработку либо при помощи своей высокой квалификации, либо простым увеличением количеством исполнителей, что позволит более быстро проводить некоторые этапы разработки. Второй вариант это тот при котором исследование не найдет должного финансирования, и будет либо закрыто, либо будет двигаться к конечному этапу с сильным промедлением.

7.2 Планирование научно-исследовательских работ

7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований;

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 7.8:

Таблица 7.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка темы диссертации	1	Составление и утверждение темы диссертации, утверждение плана-графика.	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения диссертации.	Инженер, Научный руководитель
Теоретические исследования	3	Изучение академической литературы и конкурентных решений в данной сфере	Инженер
	4	Изучение программного обеспечения для расчетов	Инженер
Экспериментальные исследования	5	Технический расчет деталей	Инженер
	6	Первая компоновка и проектирование	Инженер, Научный руководитель
	7	Детализировка и выпуск конструкторской документации	Инженер
	8	Детальный расчет деталей	Инженер
	9	Окончательная компоновка	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки.	Инженер

7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (7.2)$$

Где:

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{Pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{Pi} = \frac{t_{ожі}}{\Psi_i} \quad (7.3)$$

Где:

T_{Pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

Ψ_i – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел;

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{Pi} \times k \quad (7.4)$$

Где:

T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{Pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

k – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{праз}}} = \frac{365}{365 - 89 - 29} = 1,48 \quad (7.5)$$

Где:

$T_{\text{кал}}$ – общее количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – общее количество выходных дней в году;

$T_{\text{праз}}$ – общее количество праздничных дней в году;

Расчеты временных показателей проведения научного исследования представляются в таблице 7.9:

Таблица 7.9 – Временные показатели проведения научного исследования.

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{Pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{mini} , чел-дни		t_{maxi} , чел-дни		$t_{\text{ожи}}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение темы диссертации, утверждение плана-графика.	1	-	2	-	1,4	-	1,4	2
2. Календарное планирование выполнения диссертации.	1	2	2	3	1,4	2	1,7	3
3. Изучение академической литературы и конкурентных решений в данной сфере	-	40	-	60	-	48	48	71
4. Изучение программного обеспечения для расчетов	-	50	-	70	-	58	58	86
5. Технический расчет деталей	-	5	-	8	-	6,2	6,2	9
6. Первая компоновка и проектирование	30	60	40	80	34	68	51	75
7. Детализовка и выпуск конструкторской документации	-	5	-	8	-	6,2	6,2	9

8. Детальный расчет деталей	-	40	-	50	-	44	44	65
9. Окончательная компоновка	3	8	5	10	3,8	8,8	6,3	9
10. Составление пояснительной записки.	-	20	-	40	-	28	28	41
Итого:	35	230	44	319	40,6	269,2	250,8	370

Примечание:

Исп.1 – научный руководитель; Исп.2 – инженер;

7.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

7.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Данная часть включает затраты всех материалов, используемых при исследовании. Результаты расчета затрат представлены в таблице 7.11.

Таблица 7.11 – Материальные затраты.

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	5	1 700
Картридж для лазерного принтера	3 490	1	3 490
Офисная бумага А4	490	1	490
Итого:			5680

7.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n} \quad (7.6)$$

Где: n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \times t \quad (7.7)$$

Где:

I – итоговая сумма, тыс. руб.; t – время использования, мес.

Таблица 7.12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	Персональный компьютер (ноутбук)	1	4	50	50
Итого		50 тыс. руб.			

Рассчитывается норма амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 4 года (по формуле 7.6):

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{4} = 0,25$$

Общая сумма амортизационных отчислений (по формуле 7.7):

$$A = \frac{H_A I}{12} \times t = \frac{0,25 \times 50000}{12} \times 13 = 13500 \text{ руб}$$

7.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_p \quad (7.8)$$

Где:

$Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.;

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дней. (по таблице 7.9 для инженера: $T_{p2} = 270$ дней, для руководителя: $T_{p1} = 41$ дней).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 7.9:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}} \quad (7.9)$$

Где:

$Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дней (в данном случае $F_{\text{д}} = 247$ дней);

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 118 раб. дней, $M = 8,1$ месяц, 6-дневная рабочая неделя);

Должностной оклад работника за месяц определяется по формуле 7.10:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{мс}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}} \quad (7.10)$$

Где:

$Z_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб (для руководителя $Z_{\text{мс1}} = 28600$ руб, а для инженера $Z_{\text{мс2}} = 6500$ руб);

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3;

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2;

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томск);

По формуле 7.10 определяется должностной оклад руководителя за месяц:

$$Z_{\text{м1}} = Z_{\text{мс1}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}} = 28600 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 55770 \text{ руб}$$

По формуле 7.10 определяется должностной оклад инженера за месяц:

$$Z_{\text{м2}} = Z_{\text{мс2}} \times (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \times k_{\text{р}} = 6500 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 12675 \text{ руб}$$

Среднедневная заработная плата у руководителя рассчитывается по формуле 7.9:

$$Z_{\text{дн1}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}} = \frac{55770 \times 8,1}{247} = 1828,89 \text{ руб}$$

Среднедневная заработная плата у инженера рассчитывается по формуле 7.9:

$$Z_{\text{дн2}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}} = \frac{12675 \times 8,1}{247} = 415,65 \text{ руб}$$

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле 7.8:

$$Z_{\text{осн1}} = Z_{\text{дн1}} \times T_{\text{р1}} = 1828,89 \times 41 = 74984,49 \text{ руб}$$

Основная заработная плата инженера рассчитывается по формуле 7.8:

$$Z_{\text{осн2}} = Z_{\text{дн2}} \times T_{\text{р2}} = 415,65 \times 270 = 112225,5 \text{ руб}$$

Таким образом, затраты на общую основную заработную плату составляют:

$$Z_{\text{осн}} \text{ обще} = Z_{\text{осн1}} + Z_{\text{осн2}} = 74984,49 + 112225,5 = 187212,12 \text{ руб}$$

Перечисленные информации представляются в таблице 4,14:

Таблица 7.13 – Расчеты основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{мс}}$, руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб	$Z_{\text{дн}}$, руб	$T_{\text{р}}$, дн	$Z_{\text{осн}}$, руб
Руководитель	28600	0,3	0,2	1,3	55770	1828,89	41	74984,49
Инженер	6500	0,3	0,2	1,3	12675	415,65	270	112225,5
Итого:								187212

7.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле 7.11:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}} \quad (7.11)$$

Где:

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата;

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15);

По формуле 7.11 определяется дополнительная заработная плата для руководителя:

$$Z_{\text{доп1}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}} = 0,15 \times 74984,49 = 11247,67 \text{ руб}$$

По формуле 7.11 определяется дополнительная заработная плата для инженера:

$$Z_{\text{доп2}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}} = 0,15 \times 112227,6 = 16834,14 \text{ руб}$$

Таким образом, общая дополнительная заработная плата составляет:

$$Z_{\text{доп общ}} = Z_{\text{доп1}} + Z_{\text{доп2}} = 11247,67 + 29213,86 = 28081 \text{ руб}$$

7.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяются по формуле 7.12:

$$Z_{\text{внеб1}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн1}} + Z_{\text{доп1}}) \quad (4,12)$$

Где:

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2021 году –30% (ст. 425 НК РФ).

Отчисления во внебюджетные фонды для руководителя определяются по формуле 7.12:

$$Z_{\text{внеб1}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн1}} + Z_{\text{доп1}}) = 0,3 \times (74984,49 + 11247,67) = 25869,65 \text{ руб}$$

Отчисления во внебюджетные фонды для инженера определяются по формуле 7.12:

$$Z_{\text{внеб2}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн2}} + Z_{\text{доп2}}) = 0,3 \times (74984,5 + 16834,14) = 27545,6 \text{ руб}$$

Таким образом, общие затраты на составляется отчисления во внебюджетные фонды:

$$Z_{\text{внеб общ}} = Z_{\text{внеб1}} + Z_{\text{внеб2}} = 27545,6 + 25869,65 = 53415,2 \text{ руб}$$

7.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и т.д. Так же в эту статью входят расходы по обеспечению работы всего университета: оплата клининг компании, охрана помещения и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле 7.13:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5)k_{\text{нр}} \quad (7,13)$$

Где:

$k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

$$Z_{накл} = (5680 + 21396 + 269743,59 + 40461,53 + 93061,54) * 0,16$$

$$= 68854,82$$

7.3.7 Бюджетная стоимость НИР

Группировка затрат по статьям представляется в таблице 7.15:

Таблица 7.14 – Группировка затрат по статьям.

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Материалы, руб	Амортизация, руб	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб	Отчисления на социальные нужды, руб	Итого без накладных расходов, руб	Накладные расходы, руб	Стоимость бюджета, руб
5680	21396	269743,59	40461,53	93061,54	430342,66	68854,82	499197,48

7.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается по формуле 7.14:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (7.14)$$

Где:

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения из всех вариантов;

По перечисленным вычислениям определяются общие затраты для всех вариантов:

$$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 499197,48 \text{ руб}, \quad \Phi_{\text{исп.1}} = 1506383,39 \text{ руб}$$

$$\Phi_{\text{исп.2}} = 536881,50 \text{ руб}, \quad \Phi_{\text{max}} = \Phi_{\text{исп.1}} = 1506383,39 \text{ руб}$$

По формуле 7.14 определяется интегральный финансовый показатель для текущего проекта:

$$I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проект}} = \frac{\Phi_{\text{текущ.проект}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{499197,48}{11506383,39} = 0,043$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{\Phi_{\text{исп.1}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{1506383,39}{11506383,39} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{536881,50}{11506383,39} = 0,047$$

В результате расчетов интегральных финансовых показателей по трем вариантам разработки текущий проект с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральные показатели ресурсоэффективности всех вариантов определяются путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 7.15).

Таблица 7.15 – Сравнительная оценка характеристик всех вариантов.

Объекты исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании	0,3	5	5	4
2. Стабильность работы	0,15	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	4	4
4. Механические свойства	0,2	5	4	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	5	4
ИТОГО	1	4,8	4,4	4

По данным из таблицы 7.15 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для текущего проекта:

$$I_p^{\text{текущ.проект}} = 0,3 \times 5 + 0,15 \times 4 + 0,2 \times 5 + 0,2 \times 5 + 0,15 \times 5 = 4,85$$

По данным из таблицы 7.15 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для первого конкурентного проекта:

$$I_p^{\text{исп.1}} = 0,3 \times 5 + 0,15 \times 4 + 0,2 \times 4 + 0,2 \times 4 + 0,15 \times 5 = 4,45$$

По данным из таблицы 7.15 определяется интегральный показатели ресурсоэффективности для второго конкурентного проекта:

$$I_p^{\text{исп.2}} = 0,3 \times 4 + 0,15 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,2 \times 3 + 0,15 \times 4 = 3,95$$

В результате расчетов интегральных показателей ресурсоэффективности по трем вариантам разработки текущий проект с большим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения ресурсной эффективности.

Интегральные показатели эффективности всех вариантов вычисляются на основании показателей ресурсоэффективности и интегральных финансовых показателей по формуле 7.15:

$$I_{\text{эф.}i} = \frac{I_p^{\text{исп.}i}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}} \quad (7.15)$$

Где:

$I_{\text{эф.}i}$ – интегральный показатель эффективности i -ого варианта разработки;

$I_p^{\text{исп.}i}$ – интегральный показатель ресурсной эффективности i -ого варианта разработки;

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ - интегральный финансовый показатель i -ого варианта разработки;

По формуле 7.15 определяется интегральный показатель эффективности для текущего проекта:

$$I_{\text{эф.текущ.проект}} = \frac{I_p^{\text{текущ.проект}}}{I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проект}}} = \frac{4,85}{0,043} = 112,79$$

По формуле 7.15 определяется интегральный показатель эффективности для первого конкурентного проекта:

$$I_{\text{эф.исп.1}} = \frac{I_p^{\text{исп.1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}} = \frac{4,45}{1} = 4,45$$

По формуле 7.15 определяется интегральный показатель эффективности для второго конкурентного проекта:

$$I_{\text{эф.исп.2}} = \frac{I_p^{\text{исп.2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} = \frac{3,95}{0,047} = 84,04$$

Далее среднее значение интегрального показателя эффективности каждого варианта НИР сравнивалось с средним значением интегрального показателя эффективности текущего проекта с целью определения сравнительной эффективности проектов (таблица 7.16).

Таблица 7.16 – Сравнительные эффективности разработок.

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,043	1	0,047

2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,85	4,45	3,95
3	Интегральный показатель эффективности	112,79	4,45	84,04
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,084	0,748

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансовым и ресурсным эффективным вариантом является текущий проект. Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Вывод

По итогам работы можно отметить что был проведен экономический анализ проекта. В ходе которого были выявлены потенциальные потребители, рассмотрены похожие конкуренты и их разработки в смежной сфере. Так же были посчитаны разного рода затраты на исследование такие как зарплатные отчисления, амортизационные отчисления, накладные расходы и др. Составлен SWOT анализ при помощи которого выявлены сильные и слабые стороны проекта. А также спрогнозированы положительные и отрицательные исходы НИР. Которые могут как улучшить качество исследования и уменьшить сроки на разработку, так и наоборот затормозить исследование. Была подсчитана трудоемкость проекта и на ее основе была построена диаграмма Ганта. Также был составлен календарный план с расчетом трудозатрат, который позволит более точно проводить контроль на различных этапах исследования, и своевременно вводить корректировки в процесс разработки.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
4АМОК		Бекузин Олег Андреевич	
Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Отделение материаловедения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 «Машиностроение»

Тема ВКР:

Разработка и исследование привода выдвижения руки строительного робота	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> робот- манипулятор <i>Область применения:</i> машиностроение, механика, строительство. <i>Рабочая зона:</i> офисное помещение <i>Размеры помещения:</i> 6*8м <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> персональный компьютер, ноутбук, принтер, офисная канцелярия. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> технические расчеты в программах моделирования, математическое программирование, разработка чертежей и различных схем, расчеты.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – "Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ; – Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя ГОСТ 12.2.032-78; – ГОСТ 21889-76 Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Поражение электрическим током, вызванной разницей потенциалов; <p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 2. Умственное перенапряжение. 3. Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего 4. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума

3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	Воздействие на литосферу: твердые пластиковые отходы – ABS пластик и жидкие химические отходы – литий, использующийся в АКБ офисной техники;
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: -техногенного характера взрывы, пожары, внезапное обрушение здания; Наиболее типичная ЧС: -пожар;
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
15.02.2022	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Антоневич О.А.	к.б.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМОК	Бекузин О.А.		

8 Социальная ответственность

Введение

В данной работе спроектирован узел выдвижения руки робота манипулятора. В последствии данный робот сможет строить дома купольной формы при помощи 3d печати. Разработанный робот манипулятор будет применяться в сфере строительства и 3d печати в архитектуре. Данный робот сможет вести строительные работы в труднодоступных местах на Земле и на других планетах.

Целью данной работы является разработка привода линейного перемещения раздвижной руки робота-манипулятора. В разделе социальная безопасность рассмотрен процесс проектирования привода с точки зрения социальной безопасности. Так же рассмотрены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть в процессе работы. Проведен анализ каждого вида из факторов и предложены соответствующие всем нормам мероприятия по устранению таковых, либо введены меры, которые призваны снизить уровень воздействия на человека.

Рабочее место при разработке данного проекта это офисное помещение, размеры которого составляют 6x8 метров. 90% рабочего времени проводится за персональным компьютером или ноутбуком. В него входят: прочностные расчеты, компьютерное 3d моделирование, кинематические расчеты, составление схем, проектирование, конструирование, разработка конструкторской документации. Оставшееся время — это консультирование по различным вопросам, обсуждение принятых решений и т.п. Все эти вопросы в случае необходимости так же могут проводиться при помощи сети интернет по средствам видеозвонков или переписке.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Работа в офисе относится ко второй категории тяжести труда – работы выполняются при оптимальных условиях внешней производственной среды и при оптимальной величине физической, умственной и нервно-эмоциональной нагрузки. Согласно статье 91 ТК РФ продолжительность рабочего дня работников не должна превышать 40 часов в неделю. Возможно, сокращение рабочего времени. Для работников-инвалидов I и II группы – не более 35 часа в неделю.

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78. «Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя» рабочий стол может быть любой конструкции, отвечающей современным требованиям эргономики и позволяющей удобно разместить на рабочей поверхности оборудование с учетом его количества, размеров и характера выполняемой работы [3].

Выполнение требований на данном рабочем месте отражено ниже в таблице 8.1, согласно ГОСТ 12.2.032-78 и ГОСТ 21889-76.

Таблица 8.1 – Требования к организации рабочего места при работе с ПЭВМ

Требование		Требуемое значение	Значение параметров в помещении
Высота рабочей поверхности стола		Нерегулируемая высота (725мм)	Нерегулируемая высота (700 мм)
Высота сиденья		Не регулируемая высота (420мм)	Нерегулируемая высота (425мм)
Расположение средств отображения информации.	В горизонтальной плоскости	$\pm 30^\circ$	Регулируемый по высоте и углу монитор (Соответствует)
	В вертикальной плоскости	$\pm 30^\circ$	

В данный момент функцию рабочего стула на исследуемом рабочем месте выполняет кресло. Данное кресло не полностью соответствует требуемым стандартам. Для соответствия требованиям нормативных актов по организации рабочего места работодателю следует приобрести рабочий стул, который будет

соответствовать параметрам, отраженным в ГОСТ 12.2.032-78 и ГОСТ 21889-76. Наилучшим вариантом стало бы кресло, позволяющее регулировать все его параметры. Так оно бы было более универсальным.

8.2 Производственная безопасность

Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в процессе проектирования привода линейного перемещения.

Таблица 8.2 – опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий;	ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические
Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека (длительная работа за персональным компьютером, монотонность труда, перенапряжение анализаторов);	МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности»;
Производственные факторы, связанные с отсутствием или недостатком необходимого искусственного освещения;	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*; СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий;
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума	ГОСТ 12.1.003-14 Система стандартов безопасности труда. Шум ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум

8.2.1 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Опасное и вредное воздействия на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей проявляются в виде электротравм и заболеваний, включая профессиональные и производственно-обусловленные заболевания.

Рабочее помещение является безопасным с точки зрения электробезопасности потому как все электротехнические изделия, находящиеся в нем, относятся к третьему классу электротехнических изделий по способу защиты человека от поражения электрическим током согласно ГОСТ 12.2.007.0-75

Рабочее помещение имеет два типа защиты основную (защита при отсутствии неисправности) и защиту при наличии неисправности.

Для обеспечения основной защиты используется изоляция токоведущих частей. А именно: все токоведущие линии защищены от контакта специальными непроводящими кожухами или усиленной изоляцией, все электроприборы имеют заземление, а рабочие их рабочие органы выполнены из не проводящих электрический ток материалов.

Для обеспечения защиты при наличии неисправности все электрические сети автоматически отключаются от источника питания. Так же сети разделены друг от друга и имеют выравнивание потенциалов.

8.2.2 Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека

При проектировании и конструировании привода робота-манипулятора необходима постоянная работа с персональным компьютером. Длительная монотонная работа за ПК вызывает зрительную и умственную усталость

При умственной нагрузке необходима длительность сосредоточенного внимания, выраженная ответственность, плотность сигналов и сообщений в

единицу времени по МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности» Оказывает угнетающее влияние на психическую деятельность ухудшаются функции внимания (объем, концентрация, переключение), памяти (кратковременной и долговременной), восприятия (появляется большое число ошибок).

При зрительной нагрузке необходима высокая координация сенсорных и моторных элементов зрительной системы. Вызывает головную боль, ухудшение зрения, астенопию – патологического состояния, связанного с быстрым переутомлением глаз.

Для устранения накопленной усталости и нагрузки на организм человека необходимо выполнять комплекс физических упражнений на координацию движений, концентрацию внимания, комплекс упражнений для глаз, использовать методику психической саморегуляции, а также делать перерывы в работе для отвлечения от основной работы.

8.2.3 Производственные факторы, связанные с отсутствием или недостатком необходимого искусственного освещения

Создание комфортных световых условий труда улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности.

Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего.

В данном рабочем помещении используется смешанное освещение. Естественное освещение осуществляется через окно в наружной стене здания. В качестве искусственного освещения используется система общего освещения (освещение, светильники которого освещают всю площадь помещения).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 400 лк. В данной работе использовались «Общие санитарногигиенические требования к показателям микроклимата рабочей зоны, который устанавливает стандарт СанПиН 2.2.4.3359-16».

Для организации такого освещения лучше выбрать люминесцентные лампы, так как они имеют ряд преимуществ перед лампами накаливания: их спектр ближе к естественному освещению; они имеют большую экономичность (больше светоотдача) и срок службы (в 10-12 раз больше чем лампы накаливания). Для данного помещения, в котором будет эксплуатироваться информационная система, люминесцентные лампы подходят.

В настоящее время в офисе используются светильники ШОД (люминесцентный светильник, соответствующий широкому типу кривой силы света, относящийся классу отраженного света светильника по светораспределению).

Нормами для данных работ установлена необходимая освещенность рабочего места $E=400$ лк.

Произведем расчет освещения.

Помещение имеет площадь 48 м^2 , ширина составляет 6 м, длина – 8 м, высота – 3,5 м. Воспользуемся методом светового потока. В помещении офиса используются люминесцентные лампы ШОД, использование которых допускается при умеренной влажности и запыленности.

Величина освещенности корректируется с учетом коэффициента запаса, т.к. со временем за счет загрязнения светильников и уменьшения светового потока лампы снижается освещенность. Значение коэффициента запаса, выбираемого для помещения с малым выделением пыли, при люминесцентных лампах $KЗ = 1,5$.

Расположение светильников должно соответствовать двум критериям:

- обеспечение высокого качества освещения, ограничение ослепленности и необходимой направленности света на рабочие места.
- наиболее экономичное создание нормированной освещенности.

Расположим светильники параллельно стенам. Расстояние между светильниками рассчитаем по формуле:

$$\lambda=L/h;$$

где L - расстояние между светильниками, м; h- высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м.

Находим $\lambda = 1,2$ (при $h = 2,5$ м)

Отсюда следует, что $L=\lambda \cdot h=1,2 \cdot 2,5 = 3$ (м).

Расстояние от стен помещения до крайних светильников $1/3L$.

Изобразим в соответствие с исходными данными план помещения, укажем на нем расположение светильников и определим их число.

Воспользуемся методом коэффициента использования светового потока. С его помощью можно рассчитать, как световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной поверхности с учетом света, отраженного стенами и потолком, так и освещенность при известном потоке.

Для определения количества светильников определим световой поток, падающий на поверхность по формуле:

$$F = \frac{E \times K \times S \times Z}{\eta \times n};$$

где, F - рассчитываемый световой поток, лм;

E - нормированная минимальная освещенность, лк. Согласно СП 52.13330.2016 это значение принимается $E = 400$ лк;

S - площадь освещаемого помещения (в нашем случае $S = 48\text{м}^2$); Z - отношение средней освещенности к минимальной (обычно принимается равным 1,1-1,2, пусть $Z = 1,1$);

K - коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение зависит от типа помещения и характера проводимых в нем работ и в нашем случае $K = 1,5$); η - коэффициент использования, (выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы; зависит от характеристик светильника, размеров

помещения, окраски стен и потолка, характеризуемых коэффициентами отражения от стен (РС) и потолка (РП)). Их оценивают субъективно и определяют по таблице. Так, для свежепобеленного потолка и со свежепобеленными окнами без штор РС = 50% и РП = 70% соответственно.

Значение η определим по таблице коэффициентов использования различных светильников. Для этого вычислим индекс помещения по формуле:

$$I = \frac{S}{h \times (A+B)};$$

Где, S - площадь помещения, $S = 48 \text{ м}^2$; h - расчетная высота подвеса, $h = 2,5 \text{ м}$;

A - ширина помещения, $A = 6 \text{ м}$; B - длина помещения, $B = 8 \text{ м}$.

Подставив значения получим:

$$I = \frac{48}{2,5 \times (6 + 8)} = 1,37;$$

Зная индекс помещения I, по таблице находим $\eta = 0,6$

При выборе осветительных приборов используем светильники типа ОД.

Каждый светильник комплектуется двумя лампами.

Размещаем светильники в два ряда. В каждом ряду можно установить 3 светильника типа ОДР. Длина одного светильника 1 м., ширина 0,5 м. При этом разрывы между светильниками в ряду составят 50 см. Изображаем в масштабе схему размещения на нем светильников (рисунок 8.1).

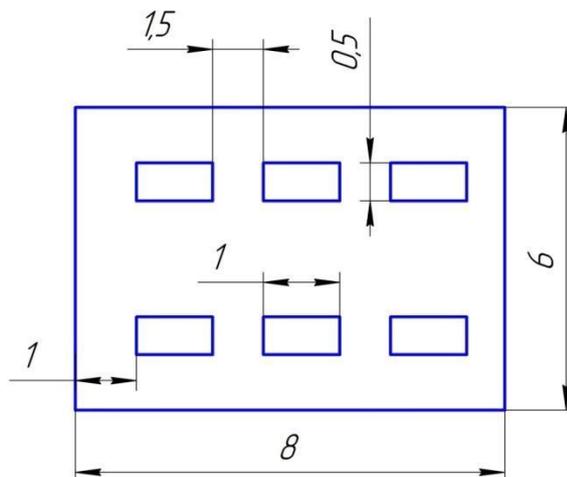


Рисунок 8.1

Подставим все значения в формулу для определения светового потока F:

$$F = \frac{400 \times 1,5 \times 48 \times 1,1}{0,6 \times 12} = 4400 \text{ (лм)}$$

В соответствии со световым потоком выбираем стандартную лампу – ЛБ 80-4 с потоком 4960 лм.

Таким образом, система освещения офиса соответствует нормам.

8.2.4 Опасные и вредные производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены, не вызывают отклонений в состоянии здоровья и создают предпосылки для высокой работоспособности.

Состояние микроклимата должно соответствовать допустимым нормам по ГОСТ 12.1.005-88.

Параметры микроклимата офисного помещения следующие: категория работы – легкая 2а; в холодный период температура воздуха в помещении составляет 21-23°C, влажность воздуха 38-56 %, скорость движения воздуха – до 0,1 м/с. В теплый период температура воздуха в помещении составляет 22-25°C, влажность воздуха 42-62 %, скорость движения воздуха – до 0,2 м/с.

Реальные параметры микроклимата соответствуют допустимым значениям СанПиН 1.2.3685-21 для данного вида работ.

Для создания оптимальных параметров микроклимата в данном помещении, необходима установка в кабинете системы кондиционирования воздуха, которая обеспечит поддержание параметров микроклимата в необходимых пределах и обеспечит очистку воздуха. Для повышения температуры до необходимой нормы в холодное время года необходимо произвести очистку системы искусственного отопления для улучшения скорости теплообмена.

8.2.5 Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристиками шума

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушения здоровья у сверхчувствительных лиц.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 50 дБА для вида трудовой деятельности – творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Уровень шума в офисе составляет не более 30 дБА, что не превышает нормативных показателей.

Источником шума в данном помещении являются: станки и другое оборудование работающее на первом этаже корпуса, фоновый шум из других аудиторий где проводятся лекционные и практические занятия, уличный шум (проезжающие машины, уборка территории и т.д.)

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть СКЗ и СИЗ. Средства коллективной защиты:

- Устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- Изоляция источников шума от окружающей среды средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения;
- Применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения.

В исследуемом офисном помещении применены средства коллективной защиты. Основным источником шума являются работающие станки на первом этаже здания. Для минимизации шума и вибрации возникающего в процессе работы оборудования все станки оснащены виброопорами. Виброопоры поглощают большую часть вибраций, создаваемых станками, тем самым уменьшают воздействие шума на окружающих. Так же применены средства, снижающие шум и вибрацию на пути их распространения. Все помещения, где установлены станки имеют двери со специальным уплотнением, которые так же блокирует проникновение шума во внешнюю среду. Для минимизации уровня шума с улицы в здании установлены пластиковые окна с уплотнителем.

Средства индивидуальной защиты в офисных помещениях не применяются.

8.3 Экологическая безопасность

Воздействие на литосферу.

В конкретном случае на рабочем месте выявлен предполагаемый источник загрязнения окружающей среды, а именно воздействие на литосферу в результате образования твердых пластиковых отходов и жидких химических отходов образующихся при поломке предметов вычислительной техники и оргтехники.

Для оказания наименьшего влияния на окружающую среду, необходимо проводить специальную процедуру утилизации ПК и оргтехники, при которой более 90% отправится на вторичную переработку и менее 10% будут отправлены на свалки. Перед утилизацией все комплектующие должны быть разделены на различные группы по классам опасности отходов согласно Статье 4.1 Федерального закона об отходах производства и потребления от 22.05.98. Составные части компьютера разбиваются на группы:

- ртутные лампы, используемые в ПК, ноутбуках, мониторах, являются чрезвычайно опасными, поэтому отнесены к I классу;
- платы и аккумуляторы, которые содержат свинец, кадмий или олово, относятся ко II классу опасности;
- трансформаторы и провода – к III классу;
- металлические детали практически безопасны, и им присвоена V степень опасности.

При этом утилизация должна соответствовать процедуре утилизации ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов. Все отходы необходимо сдавать на переработку в организации имеющие лицензии на переработку отходов соответствующих классов опасности.

Утилизировать люминесцентные лампы так же необходимо специальным образом, передавая их на обработку организациям, имеющим лицензию на утилизацию и переработку отходов I и II классу опасности.

Перевозить отработанные люминесцентные источники освещения можно в специальных контейнерах, которые уберегут стеклянные корпуса от повреждений. Существует несколько вариантов утилизации:

- Демеркуризация. Лампы подают на конвейере в специальную дробильную установку. Пары ртути осаждают сорбентом.
- Термокриогенная утилизация. Ртуть попадает в глубоковакуумную ловушку при температуре 170 °С. Вредные пары замораживают жидким азотом. По окончании ртуть размораживается и стекает в приемник.
- Дробление. Под давлением воздуха в противоточной системе лампа распадается в разные приемники на стеклобой, цоколь и люминофор. Этот метод – наиболее бюджетный, но уступает другим по эффективности.

В ходе деятельности организация также создает бытовой мусор (канцелярские, пищевые отходы, искусственные источники освещения), который должен быть утилизирован в соответствии с определенным классом опасности или переработан, чтобы не оказывать негативное влияние на состояние литосферы.

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.4.1 Пожарная безопасность

Наиболее вероятное ЧС в данном помещении это пожар в следствии поломки или неисправности в работе электрооборудования или в сетях электропровода.

Офисное помещение относится к классу Д (пониженная пожароопасность) согласно СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

Среди организационных и технических мероприятий, осуществляемых для устранения возможности пожара, выделяют следующие меры:

- Использование только исправного оборудования;
- Проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности и учебных тревог с эвакуацией находящихся в здании;
- Назначение ответственного за пожарную безопасность помещения;
- Отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;



Рисунок 8.2 – план эвакуации учебного корпуса

Согласно требованиям, Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" в помещении находятся два огнетушителя марки ОП-5, а также силовой щит, который позволяет обесточить помещение. Огнетушители должны всегда содержаться в исправном состоянии, периодически осматриваться, проверяться и своевременно перезаряжаться. Рекомендуется помещать на стенах инструкции по пожарной безопасности и план эвакуации в случае пожара. В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь разработанным и вывешенным планом эвакуации (Рисунок 8.2).

При возникновении пожара необходимо незамедлительно обратиться в службу спасения. Затем оповестить персонал о возникновении пожара нажатием на кнопку сигнализации. При опасности поражения электротоком, помещение необходимо обесточить. После чего можно приступать к тушению пожара.

Вывод

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном разделе, за исключением требований, предъявляемых к рабочему месту, а именно креслу для работы сидя.

Категория помещения по электробезопасности согласно ПУЭ соответствует первому классу – «помещения без повышенной опасности» Все электроприборы используемые в помещении относятся к третьему классу электротехнических изделий согласно ГОСТ 12.2.007.0-75.

Производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, находятся в норме. При условии того что каждый работник самостоятельно проводит комплекс упражнений на координацию, комплекс упражнений для глаз и т.д.

Искусственное освещение рассчитано и соответствует показателям, требуемым СанПиН 2.2.4.3359-16. Освещенность рабочего места не менее 400 лк. Для обеспечения необходимого искусственного освещения используются лампы ЛБ 80-4 с потоком 4960лм.

Параметры микроклимата офисного помещения следующие: категория работы – легкая 2а; в холодный период температура воздуха в помещении составляет 21-23°C, влажность воздуха 38-56 %, скорость движения воздуха – до 0,1 м/с. В теплый период температура воздуха в помещении составляет 22-25°C, влажность воздуха 42-62 %, скорость движения воздуха – до 0,2 м/с. Реальные параметры микроклимата соответствуют допустимым значениям СанПиН 1.2.3685-21 для данного вида работ.

Уровень шума в офисе не превышает 30 дБа. Данный показатель ниже чем допустимый уровень шума для данного типа работ и помещений согласно ГОСТ 12.1.003-83 он составляет 50 дБа.

Вреда экологии само помещение и работа не приносит. Но при утилизации офисного оборудования вред может быть нанесен. В соответствии с ГОСТ Р 53692-

2009 для минимизации вреда экологии необходимо все не рабочее оборудование сдавать на переработку в специализированные компании.

Согласно СП 12.13130.2009 данное офисное помещение относится к классу Д (пониженная пожароопасность). Все необходимые меры по обеспечению безопасности соблюдены согласно Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021)

Заключение

По итогам работы был выбран тип строительных сооружений, которые являются наиболее энергоэффективными. Проанализированы уже имеющиеся на рынке роботы, которые так же занимаются строительством при помощи проанализированы уже имеющиеся на рынке роботы, которые так же занимаются строительством при помощи 3D печати. Выбран тип робота, являющийся наиболее подходящим для условий работы и поставленных целей. Также была подобрана механическая передача для узла выдвижения руки робота манипулятора.

По итогам работы был подобран и спроектирован узел линейного выдвижения руки робота- манипулятора. Его основные характеристики это рабочая длина – 2,5 метра и несущая способность до 500 кг.

В разделе менеджмент и ресурсоэффективность были рассмотрены конкуренты с точки зрения экономики и менеджмента. Был проведен анализ, в ходе которого экономические показатели конкурентов были сопоставлены с показателями данной разработки. Так же были определены возможные потребители и рынки сбыта, а также проведен SWOT-анализ.

В разделе социальная ответственность были рассмотрены условия труда, которые были непосредственно при разработке конструкции. По итогам раздела выделены опасные и вредные факторы, а также разработаны рекомендации для минимизации их воздействия и уменьшения последствий от их воздействия. Аналогичный анализ был проведен и для рабочего места, на котором выполнялась данная работа. Для рабочего места также были разработаны рекомендации для улучшения условий труда.

Список использованных источников

1. Планета Земля - Ин-Спейс. — Текст : электронный // Ин-Спейс - Новости космоса и Земли: [сайт]. — URL: <https://in-space.ru/planeta-zemlya/> (дата обращения: 04.06.2022).

2. Планета Марс - Ин-Спейс. — Текст : электронный // Ин-Спейс - Новости космоса и Земли: [сайт]. — URL: <https://in-space.ru/planeta-mars/> (дата обращения: 04.06.2022).

3. Спецавиа» – официальный сайт производителя Портальный строительный 3D-принтер.. — Текст : электронный // Спецавиа : [сайт]. — URL: <https://specavia.pro/catalog/stroitelnye-3d-printery/dlya-pechati-odnoetazhnyh-zdaniy/printer-stroitelnyj-tryoxmernoj-pechati-3d-s-6044-long-2/> (дата обращения: 04.06.2022).

4. 3D Printer House | Crane WASP | 3D printers. — Текст : электронный // WASP company : [сайт]. — URL: <https://www.3dwasp.com/en/3d-printer-house-crane-wasp/> (дата обращения: 04.06.2022).

5. Building constructions | CC Corp.. — Текст : электронный // www.contourcrafting.com : [сайт]. — URL: <https://www.contourcrafting.com/building-construction> (дата обращения: 04.06.2022).

6. Building constructions | CC Corp. — Текст : электронный // www.contourcrafting.com : [сайт]. — URL: <https://www.contourcrafting.com/building-construction> (дата обращения: 04.06.2022).

7. Ронжин, М. В. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ РОБОТОВ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ ЗДАНИЙ / М. В. Ронжин. — Текст : непосредственный // SCIENCES OF EUROPE. — 2019. — № 40-1. — С. 56-60.

8. Ронжин, М. В. Разработка робота для 3d печати зданий : специальность 15.04.06 «Мехатроника и робототехника» : выпускная квалификационная работа (диссертация на соискание ученой степени доктора магистра) / Ронжин М.В. ; Томский университет систем и управления. — Томск, 2019. — 130 с. — Текст : непосредственный.

9. Крауиньш П. Я., Смайлов С. А., Мойзес Б. Б. Гидравлика и гидропривод: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2006. – 223 с.

10. Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы // В. С. Кулешов, Н. А. Лакота, В. В. Андриянин и др.; Под общ. ред. Е. П. Попова. — М.: Машиностроение, 1986. — 328 с.

11. Механические передачи. Обзор.. — Текст : электронный // <http://k-a-t.ru/> : [сайт]. — URL: http://k-a-t.ru/detali_mashin/17-dm_peredachi/index.shtml (дата обращения: 04.06.2022).

12. Наука. Искусство. Величие. Энциклопедический словарь технических терминов . — Текст : электронный // <http://niv.ru> : [сайт]. — URL: <http://niv.ru> (дата обращения: 04.06.2022).

13. ПЕРЕДАЧА ВИНТ – ГАЙКА: учебное пособие / сост. В. О. Варганов, М.В. Аввакумов, М. В. Колычев, В.М. Гребенникова, В. А. Романов; СПбГТУРП. – СПб., 2015. – 57 с.

14. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие / Белоусов А.П. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1980 – 240с., ил.

15. Ерохин, М. Н. Детали машин и основы конструирования / М. Н. Ерохин, С. П. Казанцев, А. В. Карп и др. ; Под ред. М. Н. Ерохина. - 2-е изд. , перераб. и доп. - Москва : КолосС, 2011. - 512 с. (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) - ISBN 978-5-9532-0822-2

16. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя. В 3 т. Т. 1. М. : Машиностроение, 2001. С. 920.

17. Gagadget – портал о технологиях – [Электронный ресурс] / Гигантский 3D-принтер из MIT – Режим доступа: <https://gagadget.com/26777-gigantskij-3d-printer-mit-smozhet-stroit-doma-na-marse>

18. E-развитие – портал о технологиях - [Электронный ресурс] / Строительный 3D-принтер Apiscor – Режим доступа: http://erazvitie.org/article/printer_kotorij_smog_svo_bodnyj – Загл с экрана. – Яз. рус.

19. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя. В 3 т. Т. 2. М. : Машиностроение, 2001. С. 912.

20. Анурьев В. И. Справочник конструктора машиностроителя. В 3 т. Т. 3. М. : Машиностроение, 2001. С. 864.

21. Допуски и посадки [Текст] : Справочник : В 2 ч. / [В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский] ; Под ред. В.Д. Мягкова. - 5-е изд., перераб. и доп. - Ленинград : Машиностроение. Ленингр. отд-ние, [19--]. - 22 см. Ч. 2. - 1978. - 1032 с. : ил.

22. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях (с Поправкой) официальное издание М.: Стандартиформ, 2013 г.

23. Перель Л.Я. Подшипники качения: Расчет, проектирование и обслуживание опор: Справочник. – М.: Машиностроение, 1983. – 543 с., ил.

24. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности Официальное издание. М.: Стандартиформ, 2015 г.

25. Обеспечение пожарной безопасности на предприятиях // Библиотека технической литературы URL: <http://delta-grup.ru/bibliot/32/68.htm> (дата обращения: 25.05.19).

26. Инструкция о действиях работников в случае возникновения пожара // Аудит Пожарной Безопасности URL: <http://pozharaudit.ru/useful179.html> (дата обращения: 25.05.19).

27. Лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех специальностей: учебное пособие/ Ю.А. Амелькович, Ю.В. Анищенко, А.Н. Вторушина, М.В. Гуляев, М.Э. Гусельников, А.Г. Дашковский, Т.А. Задорожная, В.Н. Извеков, А.Г. Кагиров, К.М. Костырев, В.Ф. Панин, А.М. Плахов, С.В. Романенко. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2010.

28. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. Официальное издание. М.: Стандартинформ, 2016 год

29. Гаврикова Н.А. Г123 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухва-тулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

3D printing technologies in architecture

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМОК	Бекузин О.А.		

Консультант школы отделения (НОЦ) ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<i>И. о. руководителя ОМШ</i>	<i>Ефременков Е.А.</i>	К.Т.Н		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы ИШНПТ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сыскина А.А.	к.ф.н		

1 Building in space

Building in space is a very difficult task because there are many factors that affect the construction process, which we do not even think about in Earth conditions. If we consider Mars as an example, then even at first glance very large differences are noticeable. Here are the most notable ones:

- Average radius: 6,371 km / 3,396 km.
- Mass: 59.7×10^{23} kg / 6.42×10^{23} kg.
- Volume: 10.8×10^{11} km³ / 1.63×10^{11} km³.
- Half axis: 0.983 - 1.015 a.u. / 1.3814 - 1.666 a.u.
- Pressure: 101.325 kPa / 0.4 - 0.87 kPa.
- Gravity: 9.8 m/s² / 3.711 m/s²
- Average temperature: 14°C / -46°C.
- Temperature fluctuations: $\pm 160^\circ\text{C}$ / $\pm 178^\circ\text{C}$.
- Axial tilt: 23° / 25.19°.
- Length of the day: 24 hours / 24 hours and 40 minutes.
- Year length: 365.25 days / 686.971 days.
- Water: copious / intermittent (in the form of ice).
- Polar ice caps: Yes / Yes.

But not all different parameters of Mars directly affect the possibility of creating buildings on its surface. So, for example, the mass, volume and composition of the planet create gravity, which is much less (~ 2.5 times) than Earth's. Some parameters affect the construction process itself, others affect the subsequent operation of the constructed structures, which entails certain design difficulties for architects. For example, the atmospheric pressure on the surface of the fourth planet from the sun is approximately 1% of Earth's. What can affect the properties of various materials used for construction, and this can affect not only building materials, but also the basic binder materials. Also on Mars, dust storms are a frequent occurrence, which can damage both equipment and disrupt the construction process.

But these factors (average temperature, low pressure, weak gravity, dust storms, rarefied atmosphere, average daily temperature difference, length of the year, tilt of the axis to the ecliptic, etc.) are insignificant. They require only minor changes in construction technology, the properties of the materials used, changes in tools, etc. to adapt construction to new, different from the Earth conditions of Mars.

Mars has similarities with the Earth which will help with the construction. For example, the rotation of Mars around its axis is similar to Earth's and the day here lasts only 40 minutes longer than the usual Earth. This will greatly help in the coordination of astronauts with specialists from the Earth. Also, the inclination of the Earth and Mars to the ecliptic has a difference of only a couple of degrees, which entails a similar seasonality. That is, on Mars there are also 4 seasons, as well as on Earth. The only difference is that they last twice as long. Since Mars has an orbit larger than Earth's and the year there lasts 686.9 days. The surface of Mars is also very similar to the Earth's (Fig. 1) if we talk about the landscape. Here, as well as on Earth, there are many plains, mountains, volcanoes, gorges and ridges. The only significant difference is the absence of liquid water and, as a result, flora.

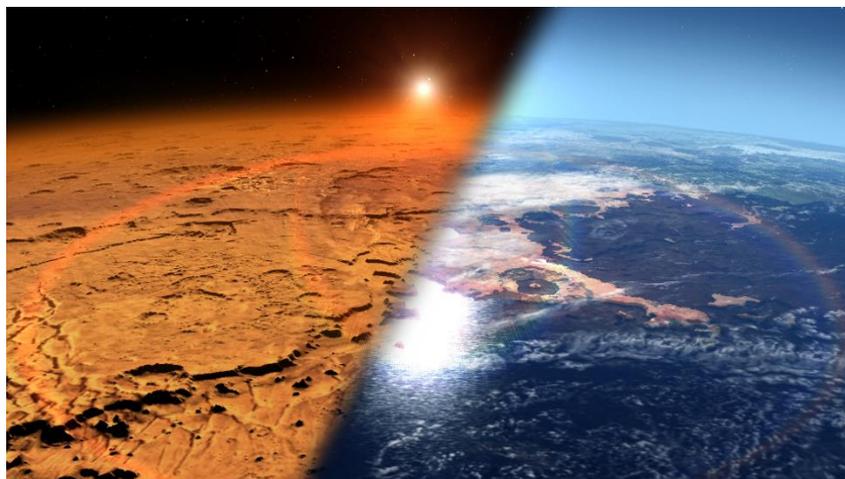


Figure 1 - comparison of the relief of the Earth and Mars

A significant plus in the colonization of Mars has been known since ancient times. While the first telescopes with sufficient optical power were constructed, the first astronomers began to notice that Mars very well preserved traces of meteorites and comets that fell on it. This is due to the fact that there is no precipitation on Mars that would destroy the rock and wash away these traces year after year. For construction on

Earth, precipitation plays an important role. Because they become a serious obstacle during construction and impose certain restrictions on the construction process.

But probably the most important factors in the colonization of Mars and construction on its surface are radiation, low oxygen content in the atmosphere, and limited resources. These factors practically dictate the conditions for designers and designers. A high level of radiation tells us that we cannot fly and live in the same spacecraft. Because a ship designed taking into account the level of radiation will have a lot of weight and increased dimensions due to the heavy protection of the hull. The limited delivery due to the high cost of new resources to the fourth planet will also force you to take as little cargo as possible with you. In the course of research, scientists found that the surface soil is suitable for arranging new housing in terms of protection from radiation. So we came to the fact that building materials for the most part will be made already on Mars from what is on the planet. These factors prompted us to make a decision. The lack of sufficient oxygen will force people to be in spacesuits almost all the time. Since it is very impractical to transport a large number of people only for the construction of new structures. Since they need to be provided with air, food, space suits, etc.

To solve this problem, it was decided to use robots to build. They are more versatile and can be reprogrammed later for other uses. It is also easier to protect them from radiation. You can only protect parts that are important for the operation of the robot (central processor, controls, etc.). And robots are less demanding on resources. For their work, it is enough to charge them with the help of energy generated from the sun's rays, or by wind generators. Also, the robot can work much longer than a person and daylight is not needed for technical vision. For their work, a person is enough who will set it up at the beginning of work and will periodically monitor the correctness of the work performed.

In the future, such robots can be adapted for construction in terrestrial conditions. Increasingly, there are industrial productions where everything is automated and all dangerous and monotonous work is shifted from the shoulders of a person to robots, manipulators, etc.



Figure 2 - welding robots in car manufacturing

A striking example is the robots used for welding in the assembly of car bodies and frames. By creating such robots to work on Mars and adapting them to Earth conditions, it will be possible to send such a robot for construction in hard-to-reach areas of the Earth.

2 Different types of houses in space conditions

In order to establish a station or a colony on Mars, it is first necessary to decide how its structure will look like, how buildings will be organized for housing and work of future workers of the research station. And design houses before flying to a new planet. Think over many nuances and take into account all the factors in the new equipped place. Since the conditions of life on Mars will differ significantly from the usual ones on Earth, the house must be designed taking into account all factors.

On Earth, most often we have to deal with houses that are square or rectangular in shape and consist of panels (Fig. 3). Such houses are very easy to fit into the existing structure of the city, to fit it next to the same houses. Undoubtedly, it is easier to equip roads and all communications around such houses. High-rise slab houses are very easy to build in height, building up floor by floor, like a designer.



Figure 3 - concrete floor slab

But for Mars, this type of houses is of little use. Despite the relatively simple construction, such houses have a number of disadvantages both during operation and during the construction itself. First, there is no need to build a tall, high-rise building for the first settlers of the new planet. Because obviously there won't be many of them. Also, the construction of such houses will require the availability of equipment for working at heights. The second disadvantage of a panel house is the presence of these same panels. The simple and long-studied production of these slabs on Earth would prove to be a very complex and time-consuming process on Mars. Because for pouring concrete-like

material into slabs and their reinforcement, it will require a separate room and specialized equipment. It is simply not possible to transport such a large amount of heavy equipment. For the same reason, delivery of finished slabs from Earth to Mars is also impossible.

A possible solution to this problem is the construction of bricks. They are well suited if limited to 1-2 floors. And the manufacture of bricks can theoretically be done in a simpler way compared to slabs. But such a house requires a solid strip foundation (Fig. 4) for the future house and some time for it to shrink.

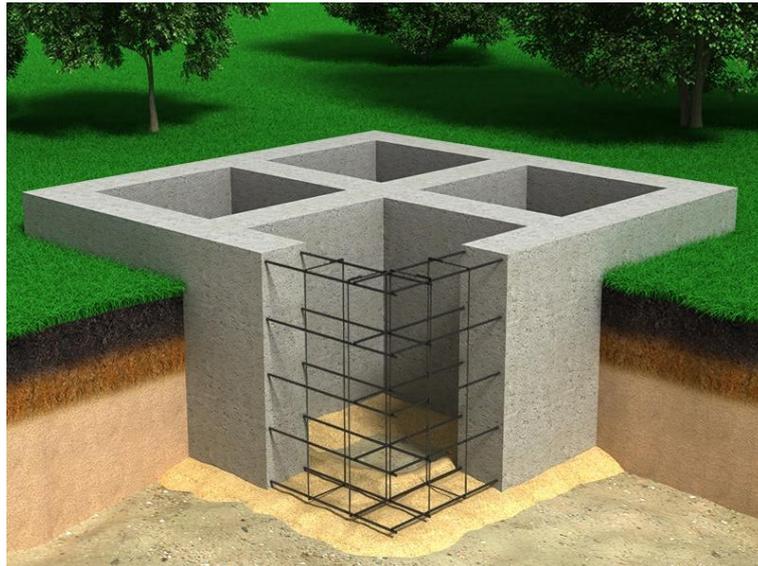


Figure 4 - strip foundation

Building houses of extreme shape is not a rational waste of time and resources. Because such houses will require several times more both construction and human resources, both in the construction process and in the design process. For the same reasons, it is not possible to build a house from expensive or rare materials.

The future house should be as simple as possible in construction and very easy to operate. Domed houses are considered the best such option (Fig. 5). They are shaped like half a sphere and look like a dome covering the earth.



Figure 5 - domed house

Since ancient times, it has been known that in mathematics the ideal shape of a body is a ball. It is also known that among all bodies of equal volume, a ball has the smallest surface area, and among bodies with an equal surface area, a ball has the smallest volume. This property is easy to see by comparing the isoperimetric coefficient of all figures. The coefficient can be calculated using the formula:

$$K = \frac{36 \cdot \pi \cdot V^3}{S^2};$$

K – isoperimetric coefficient;

V – body volume;

S – body surface area;

This is also confirmed when considering spherical or rounded objects from the point of view of physics, theoretical mechanics, strength of materials, etc.

Humanity has long used the advantages of the spheres for their own purposes. For example, chamfers on shafts, semi-circular shapes in the roofs of many buildings, etc. Even observing nature, one can notice the fact that the spherical shape is the most optimal and most energy efficient. A drop of water flying down takes the shape of a ball. The eggs laid by birds are the same, they have a shape similar to a ball. All planets, stars and other space objects tend to acquire the shape of a ball. This is due to the fact that the spherical shape concentrates less stress in itself compared to angular shapes.

Dome houses have a number of advantages over their angular counterparts. The spherical shape is less stressful in terms of statics. This will allow the use of less durable materials for construction, or the use of less material for the construction of walls.

Also an indisputable advantage is the fact that the domed house does not need a particularly strong foundation. The domed house, due to its structure, needs a pile-screw foundation (Fig. 6), which is one of the simplest to install.



Picture 6 - pile-screw foundation

Houses made in the shape of a hemisphere are the most streamlined for air currents in the form of storms (Fig. 7), which are very frequent on Mars.

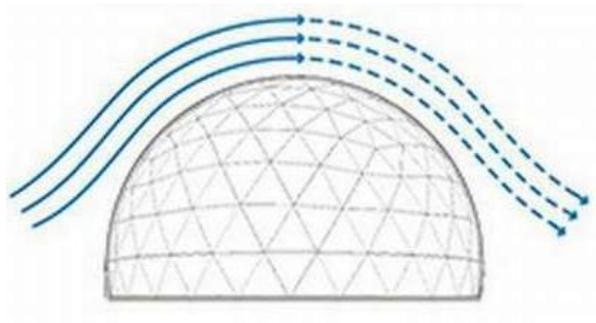


Figure 7 - streamlining of the domed house

Also, the circle has many axes of symmetry, so it will be equally well flown from any side. These facts tell us that the domed house will have the least heat loss associated with surface cooling. Even in calm weather, such a house should cool down less, as it has a smaller surface area compared to cubic houses.

Also, in domed houses, air circulation is on average 23% better compared to square-shaped houses. And this means that fewer resources will be needed for heating and ventilation of such a house.

All factors tell us that the use of domed houses in Martian conditions has more advantages than all known types of houses.

3 3D printing technologies in construction

Today, 3D printing technologies are just beginning to be used in construction. But already, as in conventional printing, there are several ways to print. There are also not only concepts, but ready-made projects and houses built on the basis of 3D technologies. There are both R&D teams involved in 3D printing and commercial design teams on the market. Moreover, commercial projects exist as small experimental divisions of large construction companies, as well as individual independent companies engaged exclusively in construction using 3D printing.

Different companies favor different types of printing, sometimes creating their own 3D printers or materials for them. Types of printing are very similar to the printing methods used in classic thermoplastic printing. This approach is very simple because 3D printing of houses has a few differences from 3D plastic printing. This is a different material and large dimensions that are not characteristic of plastic printing. Most companies use three main types of printing to build houses and other architectural structures.

1. Layer-by-layer extrusion of the working mixture
2. Sintering method / selective sintering
3. Sputtering method / component gluing (stereolithography)

3.1 Layer-by-layer extrusion of the working mixture

Layer-by-layer extrusion of the working mixture (Fig. 8) is the first and most common 3D printing method in construction. The essence of its work is quite simple. The robot itself only needs the necessary extruder and high-pressure pump, as well as the working mixture (most often a mixture based on concrete). The working mixture is squeezed out of the working nozzle of the extruder. Next, the mixture falls on the work surface and freezes.



Figure 8 - printing method by layer-by-layer extrusion

Thus, layer by layer, a designed structure is obtained. This method is very similar to squeezing a toothbrush out of a tube. The process looks slow and the mixture is viscous and very dense (Figure 9).



Figure 9 - layers when printing by layer-by-layer extrusion

This mixture is always different in composition. Firstly, it must be adapted to the climatic conditions in which the future building will be operated. Secondly, each company adapts the mixture to its own extruder and its capacity. But more often than not, construction teams develop their own working mixture. It is done in order to have a competitive advantage over other builders. So some construction companies add plastics, fiberglass, carbon fiber to the working mixture to facilitate construction. Some reinforce each layer with a special mesh for greater strength. There are companies that fundamentally print houses with material made from recycled building waste. So they are fighting for the maintenance of ecology on Earth. Other construction companies, in order to reduce the cost of production, add clay and straw to the working mixture. Thus they are struggling with the problem of expensive housing in third world countries.

3.2 Sintering method / selective sintering

The sintering method is so named because the particles are literally sintered under the action of a heat source. The sources of such heat are most often lasers or concentrated sunlight. And the working mixture is the most common sand. The working mixture is poured into the working chamber and the necessary sections are sintered with a laser. Then the next layer of material is poured and sintered again. So layer by layer and get the desired design. But after the printing process itself, it is necessary to remove the remaining unprocessed material (Fig. 10).

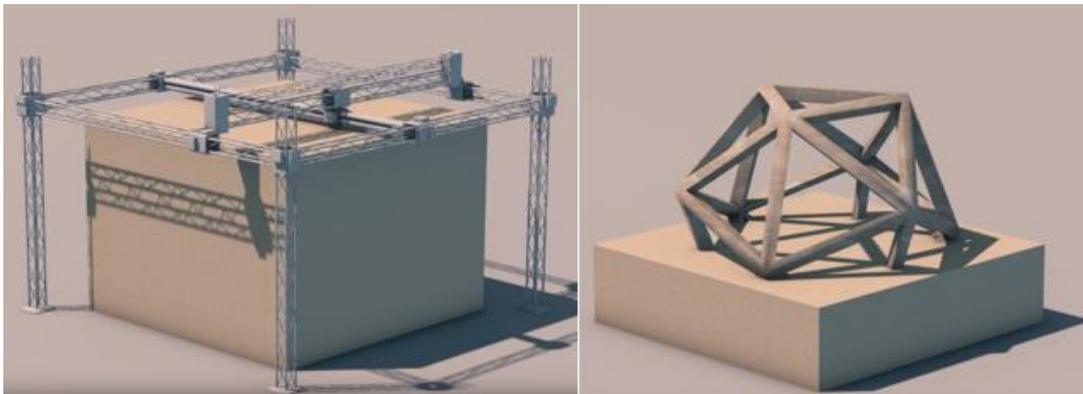


Figure 10 - 3D printing process with sintering method

This printing method is the cheapest since the building material is the most common refined sand. Its cost is very low, which reduces the cost of the process itself. An additional advantage is the ability to print very complex structural structures. Thanks to such printing, it is possible to make walls not hollow or completely filled with materials, but to create a special structure of complex shape inside, which will strengthen the structure or more effectively retain heat inside the premises.

But this printing method has several significant disadvantages that prevent it from being used everywhere. The first is the availability of building material. Not in all conditions, you can simply get sand in the required quantities. And for printing houses it will take a lot. The second is the presence of a working chamber for printing. The chamber is needed in order to protect the mixture from interactions with the external environment. If, for example, the mixture is removed or shifted, then the layer will no longer turn out the way the control program assumes. Accordingly, all subsequent layers will “move out”

and a slight shift on the bottom layer can turn into a blockage of the entire structure by the end of printing. The construction of such a large working chamber for the construction of even a small house will also become a big problem. Therefore, this technology allows you to print only small parts and more often these parts are interior rather than necessary functional solutions. Also often this type of printing is used for 3D printing of building art objects.

3.3 Spray method / component gluing

The sputtering method is very often used for metal 3D printing. But it also found its application in construction. At first glance, it seems that spraying will be too long as process for construction, because the dimensions of the resulting objects in construction are much larger than plastic or metal parts. However, as practice has shown, if you increase the layer thickness, you can print quite quickly without losing in print speed to the other two methods.

This printing method has been developed in two ways: sand printing or polyurethane printing. Sand printing is currently used only for the construction of art objects (Fig. 11). Since the strength of such structures is not high. And the durability of such structures is the worst by the standards of builders. The longest period that an object built using this method could survive was about eight months. And resistance to natural influences, whether it be rain, snow, wind, hail, leaves much to be desired.



Figure 11 - art object built using the method of component gluing

The second method has the best performance in comparison even with other types of 3D printing. But this method is not exactly 3D printing at home as such. When printing with polyurethane, the formwork of the future house is printed (Fig. 12) both from the inside and from the outside of the wall.



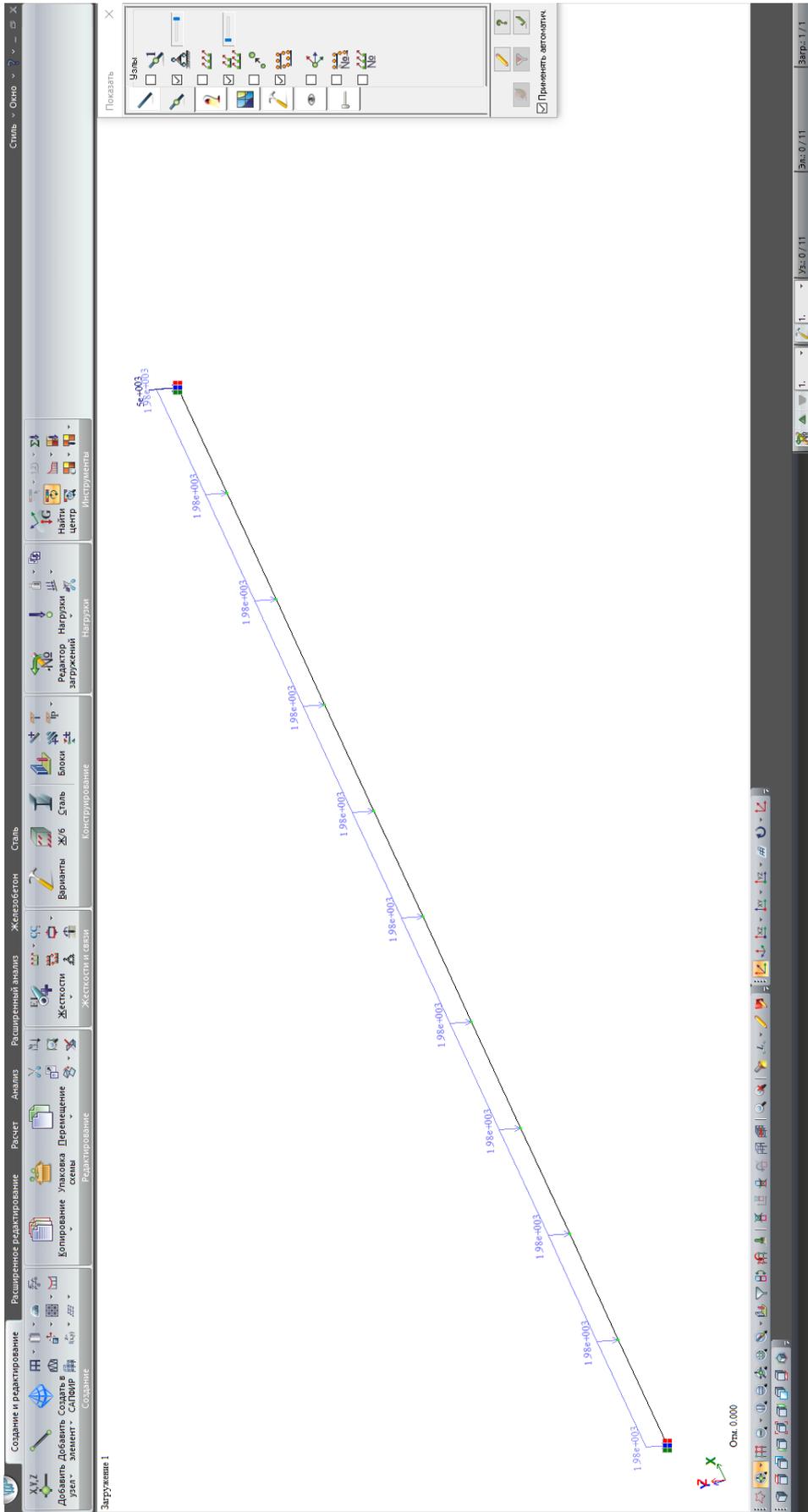
Picture 12 - polyurethane wall formwork obtained by spraying

Such a polyurethane form is subsequently poured with concrete and an ordinary concrete wall is obtained. However, this method is very limited in height. And the outer layer of the wall requires additional machining, which does not quite fit the definition of additive technologies.

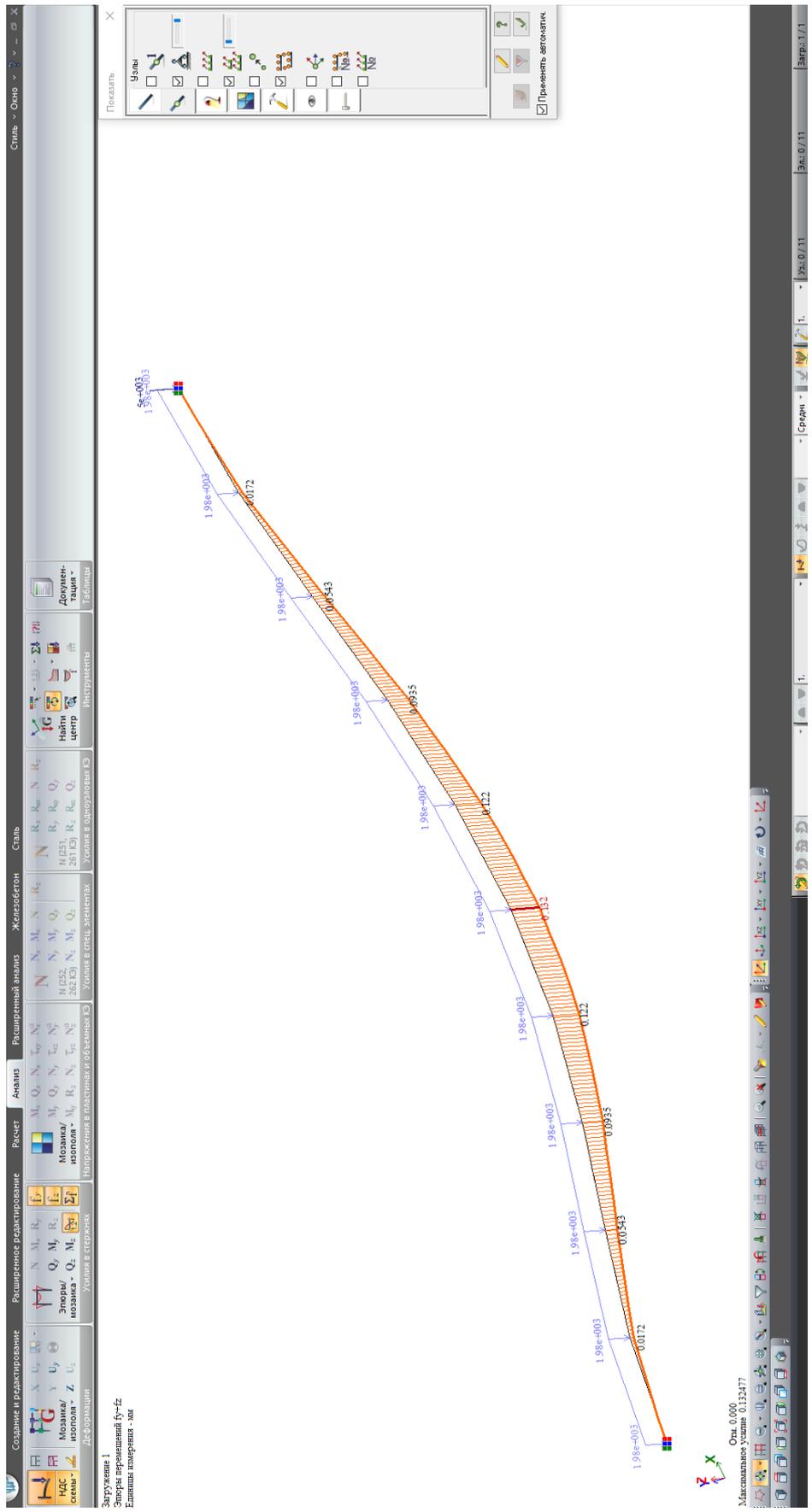
Thus, of all the above methods, the method using layer-by-layer extrusion is considered the most suitable for use. The selected method does not require the construction of additional working chambers as a method of selective sintering, has a relatively high printing speed, does not require the presence of a special material as a spray method using polyurethane.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Результаты прочностных расчетов
в программе ЛИРА САПР



Приложение Б 1



Приложение Б 2

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Комплект конструкторской документации

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
<u>Документация</u>							
A2			ИШНПТ-4АМОК003.00.00.00	Сборочный чертеж			
<u>Детали</u>							
A3	1		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.01	Винт	1		
A4	2		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.02	Гайка	1		
A3	3		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.03	Корпус	1		
A3	4		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.03-01	Корпус	1		
A3	5		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.04	Корпус	1		
A3	6		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.04-01	Корпус	1		
A3	7		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.05	Корпус проходной	6		
A3	8		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.06	Фланец	1		
A4	9		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.07	Фланец	1		
A4	10		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.08	Стакан	1		
A4	11		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.08	Крышка глухая	1		
A4	12		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.09	Крышка сквозная	1		
A4	13		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.11	Втулка дистанционная	1		
Б4	14		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.12	Опора	1		
A4	15		ИШНПТ-4АМОК003.00.00.13	Ролик	16		
<u>Стандартные изделия</u>							
		16		Болт М12-6дх28 ГОСТ 7798-70	8		
		17		Болт М16-6дх45 ГОСТ 7798-70	24		
		18		Болт М16-6дх65 ГОСТ 7798-70	20		
		19		Гайка М16-6Н.8.35.019 ГОСТ 5915-70	36		
ИШНПТ-4АМОК003.00.00.00							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Бекузин .О.А.			Лит.	Лист	
Пров.		Ефременков Е.А.				Листов	
Узел линейного выдвигения руки манипулятора						1	2
					ТПУ ИШНПТ Группа 4АМОК		
Н.контр.					Формат А4		
Утв.					Копировал		

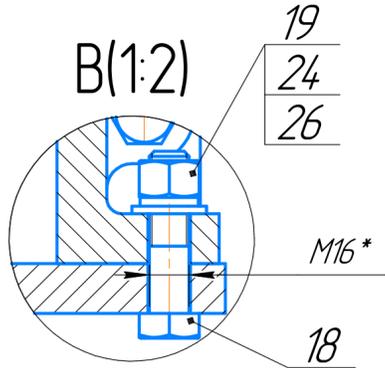
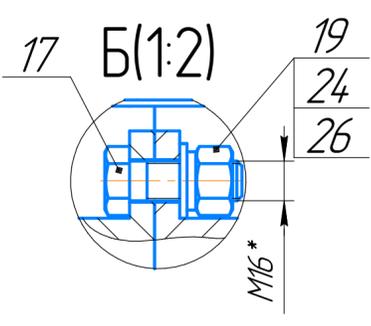
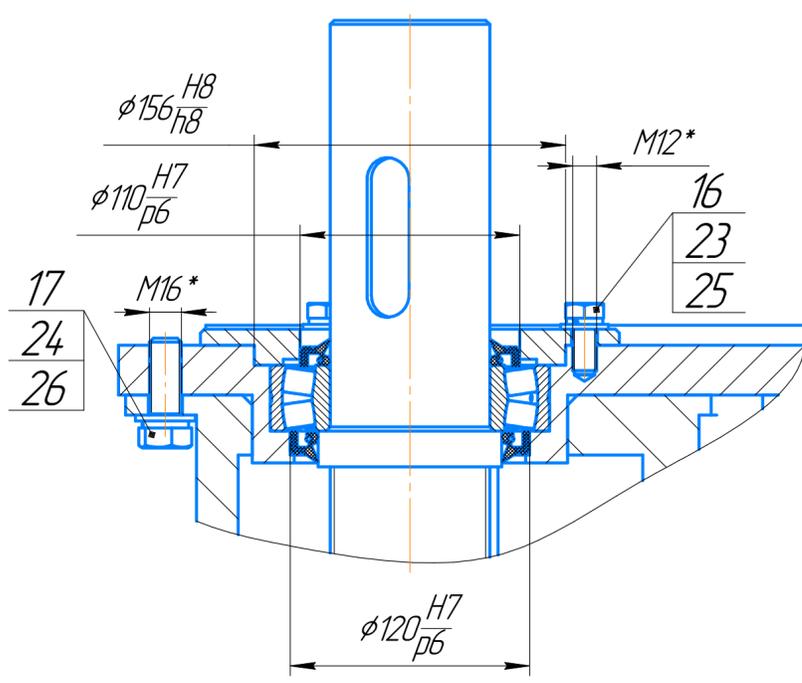
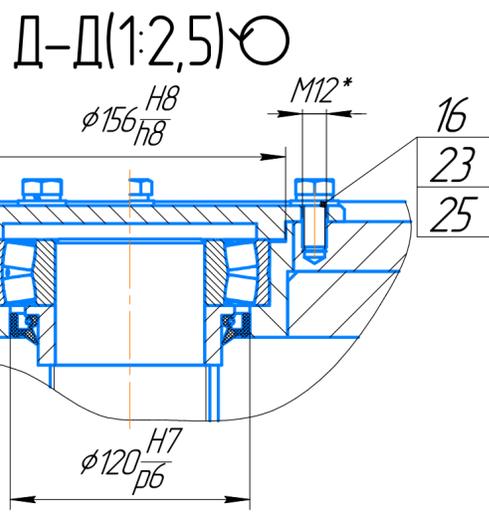
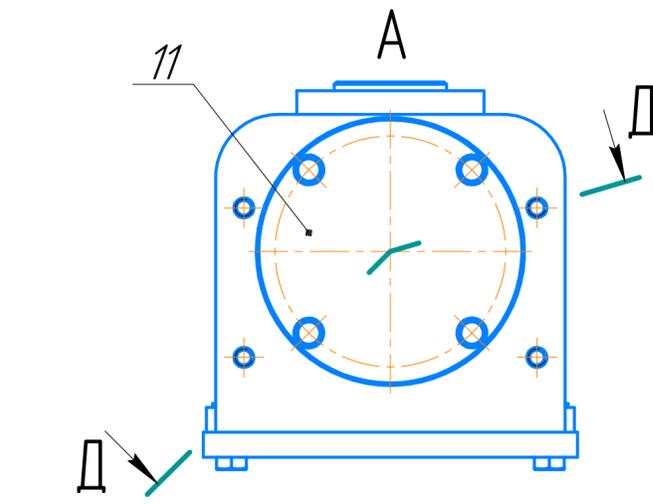
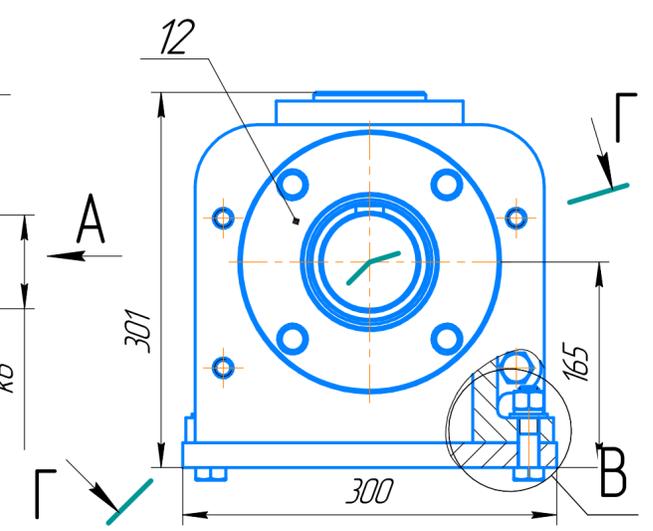
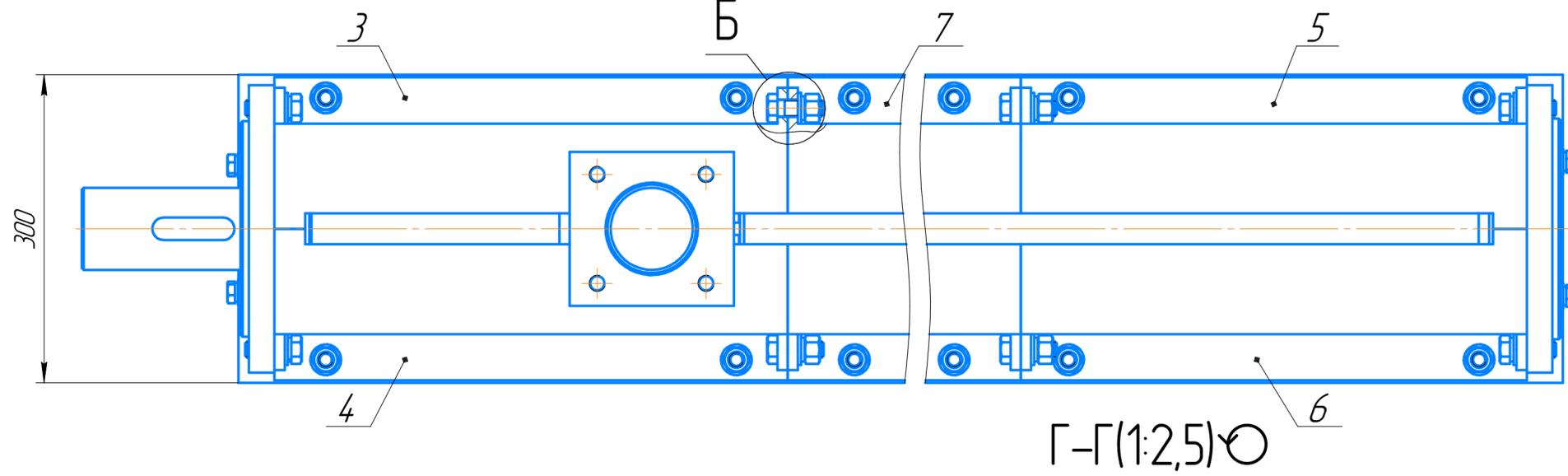
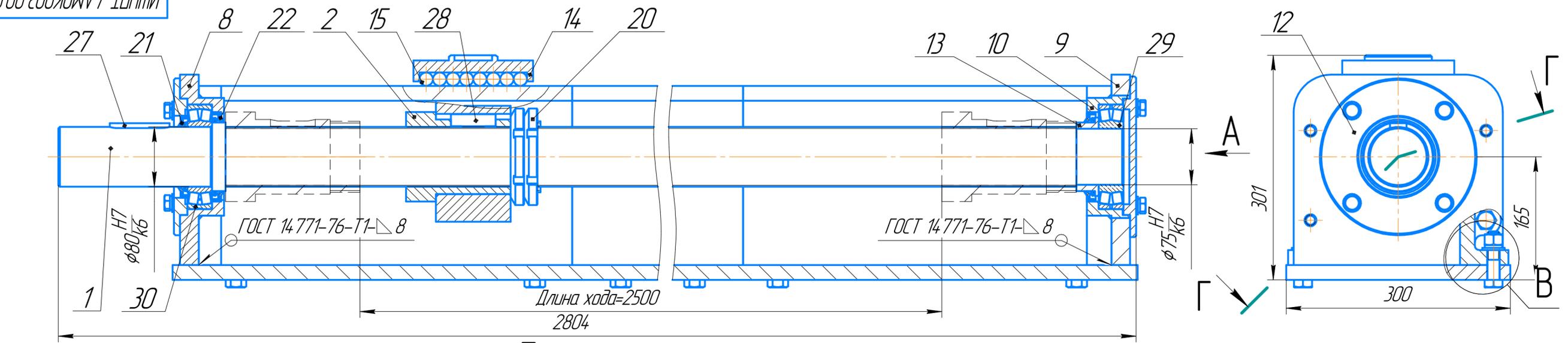
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		20		Гайка М95х2-6Н ГОСТ 11871-88	2	
		21		Манжета 2.2-80 х110-1 ГОСТ 8752-79	1	
		22		Манжета 2.2-92 х120-1 ГОСТ 8752-79	2	
		23		Шайба 12 65Г 019 ГОСТ 6402-70	8	
		24		Шайба 16 65Г 019 ГОСТ 6402-70	44	
		25		Шайба А.12.019 ГОСТ 11371-78	8	
		26		Шайба А.16.019 ГОСТ 11371-78	44	
		27		Шпонка 22 х 14 х 80 ГОСТ 23360-78	1	
		28		Шпонка 28 х 16 х 60 ГОСТ 23360-78	1	
				<i>Прочие изделия</i>		
		29		SKF 22216 CE (75х140х33)	1	
		30		SKF 22216 E (80х140х33)	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № подл.
Подп. и дата	
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ИШНПТ-4АМОК003.00.00.00

Лист
2



Технические характеристики:
 1 Длина хода - 2,5 метра
 2 Несущая способность - 500 кг.
 3 Линейная скорость - до 0,2 м/с

Технические требования:
 4 *Размеры для справок
 5 Общие допуски ГОСТ Р ИСО 13920 - АЕ
 6 Общие допуски формы и расположения поверхностей ГОСТ 30893.2-т
 7 После сборки запустить на холостом ходу 20-30 циклов.
 8 Винтовую поверхность смазать смазкой Циатим 203
 9 Неподвижные части покрыть: Эмаль КО870 ТУ 2312-002-24.358611-2004, RAL желтый 1028. Толщина покрытия 30..50 мкм. Степень подготовки поверхности Sa2,5.

Перв. примен.
 Справ. №
 Подп. и дата
 Инв. № дроб.
 Взам. инв. №
 Подп. и дата
 Инв. № подл.

ИШНПТ-4АМОК003.00.00.00				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Узел линейного выдвижения	
Разраб.	Беккузин С.А.				руки манипулятора	
Проб.	Еременков Е.А.				Лист	Листов
Т.контр.						1
Н.контр.					ТПУ ИШНПТ	
Утв.					Группа 4АМОК	
					Формат А2	