Цель:

* изучить этапы производства и проектирования Cubesat, провести научно-технический анализ

Задачи:

* провести анализ проектирования и производства Cubesat, а также современных материалов.
* Определить наиболее перспективные технологии производства и описать их на основе физических процессов, лежащих в их основе.
* Составить экономический расчет по выявленным ключевым характеристикам.
* Создать оценочную 3D модель аппарата в САПР Autodesk Fusion 360.
* Описать жизненный цикл спутника.
* Провести технический анализ на основе МТО Сколково.

Кубсаты зачастую оснащены множеством бортовых компьютеров для проведения исследований, а также для управления ориентацией, подруливающими устройствами и коммуникациями.

Миниатюрные компоненты, обеспечивающие управление ориентацией, состоят из маховиков, движителей, звездных трекеров, датчиков Земли и Солнца, датчиков угловых скоростей, GPS-приемников и антенн.

Для связи кубсат полагается на антенну, которая работает в VHF, UHF, L-, S-, C- или X-диапазонах.

* Использованное оборудование:
* Плата магнитной стабилизации
* УКВ-восходящий/УВЧ-нисходящий полнодуплексный трансивер
* Электрическая энергетическая система iEPS
* Бортовой компьютер
* Корпус (из сплава Алюминия Д16Т)
* Солнечные панели (боковые и торцевые)

Фрезерование — это механическая обработка резанием плоскостей, пазов, лысок, при которой режущий инструмент (фреза) совершает вращательное движение (со скоростью V), а обрабатываемая заготовка — поступательное (со скоростью подачи S).  
Этапы процесса:

* Изделие осторожно подводят со стороны поверхности, необходимой для обработки, к фрезеру, который в это время вращается.
* Отведя стол, отключают шпиндель, чтобы он не вращался.
* После этого нужно задать требуемую глубину прорезания.
* Запускают шпиндель.
* Изделие, расположенное на столе, вместе с ним подводят к стыковке с фрезой.

Обработку металлических деталей цилиндрической фрезой производят при длине фрезы на 10-15 мм более, чем есть изделие, а диаметр её подбирается, исходя из толщины разрезания и ширины. Производительность предприятия будет высокой при использовании набора фрез, так как во многом упрощается задача. Все зависит от применяемых фрез, а это: совместные фрезы, зубила, двумя дисками одновременно, набора фрез, расположенных с разных боков заготовки и пр. Фрезерование плоскостей несколькими торцевыми фрезами делает сразу несколько обрезаний, а также исключает удары при работе.  
  
Современные технологии позволяют проводить безопасную и с меньшим процентом брака обработку на токарно-фрезерных станках, оборудованных системами ЧПУ. В некоторых случаях, как при обработке деталей повышенной твердости, можно на них делать шлифовку. Они гарантируют получение изделий по максимуму точной геометрической формы, а также производительность.   
  
Что касается металла, то можно на станках делать как алюминиевые, так и стальные, титановые изделия. Вне зависимости от материала, фрезерованием можно делать детали специального назначения, эксклюзивные, ювелирные и др., и только на станках, оборудованных системами ЧПУ, можно выполнять лазерную фрезеровку деталей сложной формы. Это дорогостоящая, но качественная обработка возможна без предварительной шлифовки.  
  
Плюсы:

* создание рельефа при наличии насадок для гравировки;
* работа с толстыми плитами и листами;
* высокая точность;
* получение сложной геометрической поверхности;
* низкий процент брака;
* безопасность благодаря отсутствию нагрева, приводящего к выделению токсичных веществ;

возможность автоматической смены используемых головок.

Минусы:

* низкая скорость движения головки
* необходимость в надежной фиксации заготовки;
* высокий радиус скругления углов, что неприемлемо для некоторых задач;
* большие затраты материала, не бережное производство
* сложность обработки хрупких материалов.

Литье - Изготовление заготовки или изделия из жидкого материала заполнением им полости заданных форм и размеров с последующим затвердением.

Изготовлении деталей методом литья:

* Статический, при котором расплавленный металл заполняет закрепленную форму. При охлаждении застывает и вынимается. Получаются отливки простейшей конфигурации.
* В металлические формы (кокиль);
* Отливка под давлением;
* В оболочковые формы;
* В выплавляемые модели;

Самые популярные методы литья металлов:

* Литье в землю;
* Литье в кокиль;
* Центробежное литье;
* Электрошлаковое литье;
* Литье под давлением;
* Статическая заливка.
* Методы литья алюминия:
* в кокили (металлические формы) с охлаждением;
* заполнение с помощью поршневых машин (под давлением);

Кокильное литье.

Технологический процесс состоит из заливки металла при температуре плавления в форму кокиль без принудительного давления. Форма состоит из двух частей, которые соединяются замками. Внутренняя полость кокиля очищается и покрывается слоем огнеупорной краски, для предохранения внутренней поверхности от соприкосновения с расплавами. В конце процесса, чтобы вынуть готовое изделие форма охлаждается либо естественным путем, либо принудительно. Все элементы конструкции чугунные или стальные.

Достоинства метода:

* стабильные характеристики свойств отливок.
* доступно получение сложных конфигураций изделий.
* реальное создание автоматизированного процесса из-за редкой замены кокиля. Не тратится время на операцию.
* достаточно экологически чистое производство.

Недостатки:

* Быстрота охлаждения не подходит всем изготовляемым деталям.
* Выгодно использовать процесс только для больших объемов выпускаемых изделий, чугунный кокиль 20 крупных и 400 небольшого размера изделий за год.

Отливка под давлением.

Принцип процесса – формирование отливки под давлением в интервале 7 – 700 МПа. Пресс-поршень двигает горячий сплав в полость формы. Затем отливки затвердевают и выталкиваются. Детали получаются с характеристиками, близкими к заданным значениям.

Преимущества метода:

* Большой выпуск изделий за единицу времени.
* Удешевление производства за счет длительного использования одной формы. Отработанные части конструкции подвергаются переплавке. Получается работа без отходов.

Недостатки:

* Нельзя выполнять изделия сложной конструкции, при вынимании из рабочей камеры, они деформируются.

Индустрия 4.0 ведет к массовым внедрениям киберфизических систем в производстве, к автоматизации большинства производственных процессов, наделению устройств искусственным интеллектом и внедрению многих других современных технологий. Все это существенно сказывается на повышении производительности и снижении себестоимости продукции.

Четвертая промышленная революция берет начало в 2011 году, как Германская частно-государственная программа industrie 4.0, в рамках которой германские компании при поддержке федерального правительства в виде грантов создают цифровые, умные производства, устройства и изделия которых взаимодействуют друг с другом, и обеспечивают персонализированный выпуск продукции.

Принципы Индустрии 4.0:

В Германии были сформулированы некоторые принципы Индустрии 4.0:

1. Совместимость – все устройства и машины должны уметь общаться друг с другом на одном языке посредством интернета вещей, т. е. они должны быть совместимы.

2. Прозрачность – создание цифровой копии продукта, сбор данных с микрочипов и датчиков, посредством которых устройства общаются.

3. Техническая поддержка – программное обеспечение производит сбор, анализ, систематизацию, визуализацию данных, полученных с датчиков, и помогает человеку принимать решение или принимает их в автоматическом режиме, тем самым высвобождая человеческие ресурсы.

4. Децентрализация управленческих решений, автоматизация различных решений системами, максимально полное человекозамещение.

Проектирование

* Получение лицензии;
* Получение текста ГОСТ (положение РК-11-КТ);
* Выбор материалов
* Проектирование, расстановка всего в пределах 10 х 10 см (или больше, зависит от стандарта).

Производство

* Закупка частей кубсата
* Сборка

Тестирование

* Проверка, подходит ли кубсат под требования (<https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b6b2746fb91d08a588e2/1458157235787/cac_forms_rev13cds.pdf>)
* Тестирования (вибрацией, температурой, вакуумом, падением, проверка магнитного поля, думанье, хороший ли кубсат получился)

Доработка

* Понятие, что не так. Переделывание и повтор всех предыдущих пунктов.

Сертификация

* Поиск центра сертификации
* Сертификация
* Доработка

Запуск

* Плата NASA, Роскосмосу или другим за запуск
* Тестирования компании-запускателя
* Доработка
* Запуск ракеты носителя
* Выпуск кубсата в космос
* Активация систем
* Полет

Сгорание в атмосфере

* Падение в атмосферу
* Сгорание

Технический анализ (оценить ограничения применяемых технологий в рамках имеющегося материально-технического оснащения (МТО) на базе Сколковского Института Науки и Технологий, а также с учетом общепринятых условий [эксплуатации](https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds_rev13_final2.pdf) и [тестирования](https://web.archive.org/web/20160319092905/http:/www.cubesat.org/index.php/documents/developers) кубсатов)

Ограничения в общепринятых условиях эксплуатации

* Запускать не более 100 киловатт в час (3.1.6)
* Магнитная индукция не более 0.5 гаусс от магнитного поля земли (3.1.10) – опционально и не очень важно. 3.3.9.1 про то же
* 3.2.10-3.2.13 – ограничению по весу
* 3.2.14 – ограничение по центру.
* 3.4.5 – что-то может пойти не так, а разработчики не узнают (но это скорее не ограничение, а я сам придумал)
* 3.4.6 – могут быть проблемы из-за политики. Но скорее всего только для запусков из США.

Ограничение в общепринятых условиях тестирования

* Нельзя запустить некачественный аппарат

Рамки имеющегося материально-технического оснащения (МТО) на базе Сколковского Института Науки и Технологий

Производство:

* Имеется все необходимое оборудование

Экономический расчет по выявленным ключевым характеристикам

Мы выбрали алюминий Д16Т, как основу для корпуса, потому что у него:

* стабильная структура,
* высокие прочные характеристики, он
* легче остальных стальных изделий и
* повышенное сопротивление микроскопической деформации в процессе эксплуатации.

Покупка металла, обработка металла и найма человека для литья корпуса обходиться примерно в 1200 рублей.

* Так же мы выбрали именно такие служебные системы потому, что они являются основными составляющими космического аппарата и более выгодными. Общая стоимость служебных систем обойдется в 2.349.914 рублей.
* Стоимость блока оценивается в 753.100 рублей. Стоимость полосы пропускания в месяц обходится в 260.530 рублей. Цена испытаний самого аппарата, транспортировки и отправки в космос составляет около 761.300 рублей.
* Таким образом полная стоимость сборки и запуска кубсат в космос оценивается в 3.973.914 рублей.