

Министерство образования и науки Самарской области

Государственное бюджетное образовательное учреждение
дополнительного образования Самарской области
«Самарский областной центр детско-юношеского технического творчества»

Принята на заседании
Методического Совета
Протокол № 2

от « 20 » июне 2023 г.



/А.Ю. Богатов/
2023 г.

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа
технической направленности
«Аэроквантум. Вводный модуль»

Возраст детей: 12-18 лет
Срок обучения: 1 год

Разработчик:
Вундер Иван Константинович,
педагога дополнительного образования

Самара, 2023

Оглавление

Целевой раздел программы	3
Ожидаемые результаты освоения программы	7
Учебно - тематический план	10
Содержание программы	11
Методические и технические обеспечение программы	15
Оценочные средства	18
Список литературы	19
Календарно-тематический план	21

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели освоения

Развитие дальнейшего интереса у ребенка к познанию и творчеству для формирования образовательных запросов и потребностей через конструирование летательных аппаратов и уникальных моделей; стимулирование творческого, конструкторского мышления; овладение навыками труда; получение в дальнейшем профессионально-ориентирующих компетенции для осуществления проектной деятельности в области моделирования летательных аппаратов и других инженерных областях, необходимых в повседневной жизни.

Формирование компетенций

Данная общеобразовательная общеразвивающая программа дополнительного образования детей имеет техническую направленность. Предполагает дополнительное образование детей в области авиамоделирования и беспилотной авиации.

Программа направлена на формирование у детей знаний и навыков, необходимых для работы с беспилотными авиационными системами.

Программа позволяет создавать благоприятные условия для развития технических способностей школьников.

Актуальность программы

Современные тенденции развития роботизированных комплексов в авиации получили реализацию в виде беспилотных авиационных систем (БАС).

В настоящее время наблюдается лавинообразный рост интереса к беспилотной авиации как инновационному направлению развития современной техники, хотя история развития этого направления началась уже более 100 лет тому назад.

Развитие современных и перспективных технологий позволяет сегодня беспилотным летательным аппаратам успешно выполнять такие функции, которые в прошлом были им недоступны или выполнялись другими силами и средствами.

Благодаря росту возможностей и повышению доступности дронов, потенциал использования их в разных сферах экономики стремительно растёт. Это создало необходимость в новой профессии: оператор беспилотных авиационных систем (БАС).

Стратегическая задача курса состоит в подготовке специалистов по конструированию, программированию и эксплуатации БАС.

Образовательная программа «Аэроквантума» позволяет не только обучить ребенка правильно моделировать и конструировать, но и подготовить обучающихся к планированию и проектированию разноуровневых технических проектов и в дальнейшем

осуществить осознанный выбор вида деятельности в техническом творчестве.

Новизна общеразвивающей образовательной программы

Описываемая образовательная программа интересна тем, что интегрирует в себе достижения современных и инновационных направлений в малой беспилотной авиации.

Занимаясь по данной программе, обучающиеся должны получить знания и умения, которые позволят им понять основы устройства беспилотного летательного аппарата, принципы работы всех его систем и их взаимодействия.

Основные задачи программы

Основными задачами данной программы являются (компетенции, которые прививаются):

-Развитие Комплекса базовых технологий, применяемых при моделировании летательных аппаратов, обучение основным принципам механики и аэродинамики;

-Обучение грамотному представлению своей идеи, проектированию ее технического и программного решения, реализации в виде модели способной к функционированию;

-Обучение навыкам решения специализированных задач, результатом каждой из которых будет работающий механизм или модель летательного аппарата с автономным управлением;

-Обучение работе с различными инновационными материалами для современных разработок по авиамоделированию.

-Формирование навыков инженерного мышления, умению работать в сфере конструирования, программирования;

-Развитие мелкой моторики, внимательности, аккуратности и изобретательности при создании двигателей, сборке моделей летательных аппаратов;

-Формирование уверенности в своей будущей востребованности обществом в сфере авиаконструирования;

-Развитие креативного мышления и пространственного воображения, умения излагать мысли в четкой логической последовательности, отстаивать свою точку зрения, анализировать ситуацию и самостоятельно находить ответы на вопросы путем логических рассуждений.

-Формирование мотивации учащихся к изобретательству и созданию собственных летательных аппаратов;

-Поощрение стремления к получению качественного законченного механизма или модели дрона, способного к самостоятельному полету;

Развитие навыков проектно-ориентированного мышления, работы в команде и эффективного распределения обязанностей при конструировании, моделировании и запуске мультикоптеров.

Возраст учащихся, которым адресована программа

Программа ориентирована на дополнительное образование учащихся среднего и старшего школьного возраста (12 - 18 лет), прошедших вводный модуль.

Формы занятий

Программой предусмотрено проведение комбинированных занятий: занятия состоят из теоретической и практической частей, где большее количество времени занимает практическая часть.

Форма обучения: Обучение проводится по очной форме с применением дистанционных образовательных технологий (при необходимости).

При проведении занятий традиционно используются три формы работы:

↓ демонстрационная, когда обучающиеся слушают объяснения педагога и наблюдают за демонстрационным экраном или экранами

↓ компьютеров на ученических рабочих местах;

↓ фронтальная, когда обучающиеся синхронно работают под управлением педагога;

↓ самостоятельная, когда обучающиеся выполняют индивидуальные задания в течение части занятия или нескольких занятий.

Учебно - тематический план

п/п	Тема	часы		
		в сего	т еория	пра ктика
	Тема 1: Теория мультироторных систем. Основы управления. Полёты на симуляторе.	10	4	6
	Тема 2: Сборка и настройка квадрокоптера. Учебные полёты.	14	4	12
	Тема 3: Учебные полёты	14	2	12
	Тема 4: .Настройка, установка FPV – оборудования..	4	2	4
	Тема 5: Учебные полёты Основы 3D-печати и 3D-моделирования.	8	2	2
	Тема 6: Работа в группах над инженерным проектом.	20	2	18
	Итоговое тестирование	2	2	
	ИТОГО:	72	18	54

Содержание программы

Программа направлена на развитие логического мышления и конструкторских навыков, способствует многостороннему развитию личности ребенка и побуждает получать новые знания, учитывает психологические, индивидуальные и возрастные особенности детей. Программа разбита на кейсы, решение которых требует формирования команды из учащихся, где каждый выполняет определенную заранее работу. Для усвоения курса и повышения общей эрудированности обучаемых ключевые понятия hard skills модуля и значимую фактологическую информацию предлагать в виде домашних контрольных на самостоятельную подготовку обучающимся. Контроль усвоения информации производится на основе фронтальных опросов. Результат усвоения soft skill предполагается оценивать путем сравнения данных входного мониторинга владения обучающимися софт компетенциями и итогового, который проводится на этапе рефлексии. Оценка будет понятна из сравнения полученных результатов и наличия положительной динамики. Каждое занятие кейса завершается рефлексией. Кейс завершается итоговой рефлексией.

Последние два занятия программы призваны очертить “специализацию” учащихся для дальнейшей работы по образовательным программам продвинутого уровня.

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы	Формы подведения итогов
Блок 1.	<p>Теория мультироторных систем.</p> <p>Основы управления.</p> <p>Полёты на симуляторе.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Вводная лекция о содержании курса. 2. Принципы управления и строение мультикоптеров. 3. Основы техники безопасности полётов 4. Основы электричества. 5. Практическое занятие с литий полимерными аккумуляторами (зарядка/разрядка/балансировка/хранение) 6. Техника безопасности при пайке. 7. Технология пайки. Обучение пайке. 8. Виртуальное обучение пилотированию. Полёты на симуляторе. 9. Платы разводки питания. 10. Бесколлекторные двигатели и регуляторы их хода. 11. Принципы создания проектной работы. 	<p>Устройство мультироторных систем.</p> <p>Основы конструкции мультироторных систем.</p> <p>Принципы управления мультироторными системами.</p> <p>Аппаратура радиоуправления: принцип действия, общее устройство.</p> <p>Техника безопасности при работе с мультироторными системами.</p> <p>Электронные компоненты мультироторных систем: принципы работы, общее устройство.</p> <p>Литий-полимерные аккумуляторы и их зарядные устройства: устройство, принцип действия, методы зарядки/разрядки/хранения/балансировки аккумуляторов, безопасная работа с оборудованием.</p> <p>Пайка электронных компонентов: принципы пайки, обучение пайке, пайка электронных компонентов мультироторных систем.</p>	Опрос

		<p>Полёты на симуляторе: обучение полётам на компьютере, проведение учебных полётов на симуляторе.</p> <p>Бесколлекторные двигатели и их регуляторы хода: устройство, принципы их функционирования, пайка двигателей и регуляторов.</p> <p>Платы разводки питания: общее устройство, характеристики, пайка регуляторов и силовых проводов к платам разводки питания.</p>	
Блок 2.	<p>Сборка и настройка квадрокоптера.</p> <p>Учебные полёты.</p> <p>1. Сборка рамы квадрокоптера. Установка силовой части.</p> <p>2. Пайка ESC, BEC и силовой части.</p> <p>3. Установка полетного контроллера и доп.оборудования.</p> <p>4. Принцип функционирования полётного контроллера и аппаратуры управления.</p> <p>5. Основы настройки полётного контроллера с помощью компьютера. Настройка аппаратуры</p>	<p>Полётный контроллер: устройство полётного контроллера, принципы его функционирования, настройка контроллера с помощью компьютера, знакомство с программным обеспечением для настройки контроллера.</p>	Опрос

	<p>управления</p> <p>6. Полёты: «удержание на заданной высоте», перемещения «вперед-назад»,</p> <p>7. Полёты: перемещения «влево- вправо», «точная посадка на удаленную точку»</p> <p>8. Полёты: «коробочка», «челнок»</p> <p>9. Полёты: «восьмерка», «змейка»</p> <p>10. Полёты: «облет по кругу». Разбор аварийных ситуаций.</p>		
<p>Блок 3.</p>	<p>Учебные полёты.</p> <p>1. Инструктаж по технике безопасности полетов.</p> <p>2. Первые учебные полёты: «взлёт/посадка»,</p> <p>Полётный контроллер: устройство полётного контроллера, принципы его функционирования, настройка контроллера с помощью компьютера, знакомство с программным обеспечением для настройки контроллера.</p> <p>Инструктаж перед первыми учебными полётами.</p> <p>Тестовые полёты на собственноручно собранном квадрокоптере</p>	<p>Инструктаж перед первыми учебными полётами. Проведение учебных полётов в зале, выполнение заданий: «взлёт/посадка», «удержание на заданной высоте», «вперед-назад», «влево-вправо», «точная посадка на удаленную точку»,</p> <p>«коробочка», «челнок», «восьмерка», «змейка», «облет по кругу».</p> <p>Разбор аварийных ситуаций</p>	<p>Опрос</p>

<p>Блок 4.</p>	<p>Настройка, установка FPV – оборудования.</p> <p>1. Основы видеотрансляции. Применяемое оборудование, его настройка.</p> <p>2. Установка курсовой камеры.</p> <p>3. Установка и подключение видеопередатчика. Настройка связи.</p> <p>4. Пилотирование с использованием FPV-оборудования.</p>	<p>Основы видеотрансляции: принципы передачи видеосигнала, устройство и характеристики применяемого оборудования. Установка, подключение и настройка видеооборудования на мультироторные системы. Пилотирование с использованием FPV-оборудования.</p>	<p>Опрос</p>
<p>Блок 5.</p>	<p>Основы 3D-печати и 3D-моделирования.</p> <p>1. Знакомство с Компас-3D. Вкладки «Геометрия» и «Редактирование».</p> <p>2. Работа в Компас-3D. Операции «выдавливания» и «вращения»</p> <p>3. Работа в Компас-3D. Операции «кинематическая» и «по сечениям»</p> <p>4. Работа в Компас-3D. Работа с «деревом» модели. Зеркальный, линейный и круговой массивы.</p> <p>5. Конвертация готовой модели. Настройка параметров печати. Принцип работы 3D принтера и демонстрация его работы.</p>	<p>Основы 3D-печати и 3D-моделирования: применяемое оборудование и программное обеспечение.</p> <p>Изучение основных функций продукта «Компас-3D»</p> <p>Настройка параметров печати 3D принтера.</p> <p>Демонстрация печати на 3D принтере</p>	<p>Опрос</p>

<p>Б лок 6.</p>	<p>Работа в группах над инженерным проектом.</p> <p>1. Подготовка теоретической части инженерного проекта</p> <p>2. Работа над практической частью инженерного проекта.</p> <p>3. Подготовка презентации собственной проектной работы.</p> <p>4. Презентация и защита группой собственного инженерного проекта.</p>	<p>Работа над инженерным проектом: основы планирования проектной работы, работа над проектом в составе команды.</p> <p>Практическая работа в группах над инженерным проектом по теме «Беспилотная авиационная система».</p> <p>Подготовка и проведение презентации по проекту.</p> <p>Защита собственного инженерного проекта</p>	<p>Опрос</p>
-----------------------------------	--	---	--------------

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Кадровое обеспечение

Требования к квалификации. Высшее профессиональное образование или среднее профессиональное образование по направлению подготовки "Образование и педагогика" или в области, соответствующей преподаваемому предмету, без предъявления требований к стажу работы, либо высшее профессиональное образование или среднее профессиональное образование и дополнительное профессиональное образование по направлению деятельности в образовательном учреждении без предъявления требований к стажу работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Белинская Ю.С. Реализация типовых маневров четырехвинтового вертолета. Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2013. №4. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/551872.html> (дата обращения 31.10.2016).

2.Гурьянов А. Е. Моделирование управления квадрокоптером Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2014 №8 Режим доступа: <http://engbul.bmstu.ru/doc/723331.html> (дата обращения 31.10.2016).

3.Ефимов. Е. Програмируем квадрокоптер на Arduino: Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/227425/> (дата обращения 31.10.2016).

4.Институт транспорта и связи. Основы аэродинамики и динамики полета. Рига, 2010. Режим доступа: http://www.reaa.ru/yabbfilesB/Attachments/Osnovy_ajerodnamiki_Riga.pdf (дата обращения 31.10.2016).

5.Канатников А.Н., Крищенко А.П., Ткачев С.Б. Допустимые пространственные траектории беспилотного летательного аппарата в вертикальной плоскости.

6.Мартынов А.К. Экспериментальная аэродинамика. М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1950. 479 с. 13. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. СПб: Питер, 2005. 337

7.Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2012. №3. Режим доступа: <http://technomag.bmstu.ru/doc/367724.html> (дата обращения 31.10.2016).

8.Редакция Tom's Hardware Guide. FPV- мультикоптеры: обзор технологии и железа. 25 июня 2014. Режим доступа: http://www.thg.ru/consumer/obzor_fpv_multicopterov/print.html (дата обращения 31.10.2016).

9.Alderete T.S. "Simulator Aero Model Implementation" NASA Ames Research Center, Moffett Field, California. P. 21. Режим доступа: <http://www.aviationsystemsdivision.arc.nasa.gov/publications/hitl/rtsim/Toms.pdf> (дата обращения 31.10.2016).

10.Bouadi H., Tadjine M. Nonlinear Observer Design and Sliding Mode Control of Four Rotors Helicopter. World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 25, 2007. Pp. 225-229. 11. Madani T., Benallegue A. Backstepping control for a

quadrotor helicopter. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2006. Pp. 3255-3260.

11. Dikmen I.C., Arisoy A., Temeltas H. Attitude control of a quadrotor. 4th International Conference on Recent Advances in Space Technologies, 2009. Pp. 722727.

4. Luukkonen T. Modelling and Control of Quadcopter. School of Science, Espoo, August 22, 2011. P. 26. Режим доступа: http://sal.aalto.fi/publications/pdf-files/eluu11_public.pdf (дата обращения 31.10.2016).

12. LIPO SAFETY AND MANAGEMENT: Режим доступа:

13. <http://aerobot.com.au/support/training/lipo-safety> (Дата обращения 20.10.15)

14. Murray R.M., Li Z, Sastry S.S. A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation. SRC Press, 1994. P. 474.

15. Zhao W., Hiong Go T. Quadcopter formation flight control combining MPC and robust feedback linearization. Journal of the Franklin Institute. Vol.351, Issue 3, March 2014. Pp. 1335-1355. DOI: 10.1016/j.jfranklin.2013.10.021

16. Лекции от «Коптер-экспресс» <https://youtu.be/GtwG5ajQJvA?t=1344>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ

Лекции от «Коптер-экспресс»

<https://youtu.be/GtwG5ajQJvA?t=1344>

<https://www.youtube.com/watch?v=FF6z-bCo3T0>

<http://alexgyver.ru/quadcopters/>

Приложение

Материально-техническое обеспечение

№ п/п	Наименование	Назначение/краткое описание	функционала оборудования
1	Учебное (обязательное) оборудование		
1.1	Основной набор (рама, запчасти, моторы, пропеллеры, регуляторы, полетный контроллер, радиоаппаратура, зарядка, аккумуляторы)	Набор для сборки квадрокоптера	
1.2	Комплект для FPV-полетов (камера, видеопередатчик, видеоприемник, антенны, мониторчик, батарейки.)	Комплект для полетов от первого лица	
1.3	Комплект для изучения основ радиоэлектроники и программирования микроконтроллеров (бортовой компьютер, радиомодем, видеокамера, электроника, ПО)	Комплект для программирования коптера	
1.4	Квадрокоптер	Коптер для начального знакомства, отработки азов пилотирования	
1.5	Квадрокоптер с фотокамерой на гиростабилизированном подвесе	Коптер для обучение аэросъемке, настройке и обслуживанию БАС	
1.6	Конвертоплан	Конвертоплан для обучения настройке, обслуживанию и эксплуатации БАС перспективных типов	
1.7	Фотокамера	Фотокамера для установки на конвертоплан	
1.8	Учебная БАС самолетного типа	БАС для обучения азам пилотирования беспилотных самолетов	
1.9	Квадрокоптер с 3 доп. аккумуляторами, доп. зарядкой и защитой винтов	Коптер для отработки навыков пилотирования, проведения аэросъемки	
1.10	3D-принтер	Знакомство с принципами 3D- печати	
2	Компьютерное оборудование		
2.1	Ноутбук	Работа с ПО БПЛА	
2.2	Мышь	Работа с ПК и/или ноутбуком	
2.3	Тележка для зарядки и хранения ноутбуков	Тумба	для хранения и зарядки ноутбуков
2.4	МФУ	Многофункциональное устройство	
2.5	Сетевой удлинитель	Сетевой удлинитель	

- 3 Презентационное оборудование
- 3.1 Проектор подача информационного материала
- 3.2 Экран проектора Отображение изображения проектора
- 4 Расходные материалы и запасные части
- 5 Мебель
- 5.1 Комплект мебели Размещение учеников в учебном кабинете
- 5.2 Светильник настольный галогеновый Освещение
- 5.3 Корзины для мусора Сбор мусора и прочих непищевых отходов

Приложение 2

Правила выбора темы проекта

Способы решения проблем начинающими исследователями во многом зависят от выбранной темы. Надо помочь детям найти все пути, ведущие к достижению цели, выделить общепринятые, общеизвестные и нестандартные, альтернативные; сделать выбор, оценив эффективность каждого способа.

Правило 1. Тема должна быть интересна ребенку, должна увлекать его. Исследовательская работа эффективна только на добровольной основе. Тема, навязанная ученику, какой бы важной она ни казалась взрослым, не даст должного эффекта.

Правило 2. Тема должна быть выполнима, решение ее должно быть полезно участникам исследования. Натолкнуть ребенка на ту идею, в которой он максимально реализуется как исследователь, раскроет лучшие стороны своего интеллекта, получит новые полезные знания, умения и навыки, – сложная, но необходимая задача для педагога.

Правило 3. Тема должна быть оригинальной с элементами неожиданности, необычности. Оригинальность следует понимать, как способность нестандартно смотреть на традиционные предметы и явления.

Правило 4. Тема должна быть такой, чтобы работа могла быть выполнена относительно быстро. Способность долго концентрировать собственное внимание на одном объекте, т. е. долговременно, целеустремленно работать в одном направлении, у школьника ограничена.

Правило 5. Тема должна быть доступной. Она должна соответствовать возрастным особенностям детей. Это касается не только выбора темы исследования, но и формулировки и отбора материала для ее решения. Одна и та

же проблема может решаться разными возрастными группами на различных этапах обучения.

Правило 6. Сочетание желаний и возможностей. Выбирая тему, педагог должен учесть наличие требуемых средств и материалов – исследовательской базы. Ее отсутствие, невозможность собрать необходимые данные обычно приводят к поверхностному решению, порождают "пустословие". Это мешает развитию критического мышления, основанного на доказательном исследовании и надежных знаниях.

Правило 7. С выбором темы не стоит затягивать. Большинство учащихся не имеют постоянных пристрастий, их интересы ситуативны. Поэтому, выбирая тему, действовать следует быстро, пока интерес не угас.

Приложение 4

№	Дата	Тема	Кол-во часов	Примерная дата проведения занятия
1		Вводная лекция о содержании курса. Принципы управления и строение мультикоптеров.	2	Сентябрь
2		Основы техники безопасности полётов. Основы электричества.	2	Сентябрь
3		Практическое занятие с литий полимерными аккумуляторами (зарядка/разрядка/балансировка/хранение). Техника безопасности при пайке.	2	Сентябрь
4		Технология пайки. Обучение пайке.	2	Сентябрь
5		Виртуальное обучение пилотированию. Полёты на симуляторе.	2	Октябрь
6		Виртуальное обучение пилотированию. Полёты на симуляторе.	2	Октябрь

7		Виртуальное обучение пилотированию. Полёты на симуляторе. Платы разводки питания.	2	Октябрь
8		Бесколлекторные двигатели и регуляторы их хода.	2	Октябрь
9		Принципы создания проектной работы.	2	Ноябрь
10		Инструктаж по технике безопасности полетов. Первые учебные полёты: «взлёт/посадка»	2	Ноябрь
11		Обучение навыкам пилотирования квадрокоптера на примере игрушки заводской сборки	2	Ноябрь
12		Обучение навыкам пилотирования квадрокоптера на примере игрушки заводской сборки	2	Ноябрь
13		Сборка рамы квадрокоптера. Установка силовой части.	2	Декабрь
14		Пайка ESC, ВЕС и силовой части.	2	Декабрь
15		Установка полетного контроллера и доп.оборудования.	2	Декабрь
16		Принцип функционирования полётного	2	Декабрь

		контроллера и аппаратуры управления..		
17		Основы настройки полётного контроллера с помощью компьютера. Настройка аппаратуры управления	2	Январь
18		Основы настройки полётного контроллера с помощью компьютера. Настройка аппаратуры управления	2	Январь
19		Полёты: «удержание на заданной высоте», перемещения «вперед-назад»,	2	Январь
20		Полёты: перемещения «влево- вправо», «точная посадка на удаленную точку»	2	Февраль
21		Полёты: «коробочка», «челнок».	2	Февраль
22		Полёты: «восьмерка», «змейка»	2	Февраль
23		Полёты: «облет по кругу». Разбор аварийных ситуаций.	2	Февраль

24		Работа в группах над инженерным проектом. Постановка цели и задач.	2	Март
25		Основы видеотрансляции. Применяемое оборудование, его настройка. Установка курсовой камеры.	2	Март
26		Установка и подключение видеопередатчика. Настройка связи.	2	Март
27		Пилотирование с использованием FPV-оборудования.	2	Март
28		Пилотирование с использованием FPV-оборудования.	2	Апрель
29		Пилотирование с использованием FPV-оборудования.	2	Апрель
30		Знакомство с Компас-3D. Вкладки «Геометрия» и «Редактирование» Работа в Компас-3D. Операции «выдавливания» и «вращения»	2	Апрель
31		Работа в Компас-3D. Операции «кинематическая» и «по сечениям» Работа с «деревом» модели. Зеркальный, линейный и круговой массивы.	2	Апрель

32		Конвертация готовой модели. Настройка параметров печати. Принцип работы 3D принтера и демонстрация его работы.	2	Май
33		Подготовка теоретической части инженерного проекта	2	Май
34		Работа над практической частью инженерного проекта.	2	Май
35		Работа над практической частью инженерного проекта.	2	Май
36		Подготовка презентации собственной проектной работы. Презентация и защита группой собственного инженерного проекта	2	Май
Итого			72	