

12+

Анастасия
Александровна
Борисова

**Лабораторный
практикум
по проектированию
и программированию
БПЛА**

*Методическое
пособие для
учителей труда
и преподавателей
ДПО и СПО*



Анастасия Борисова

**Лабораторный практикум
по проектированию
и программированию БПЛА.
Методическое пособие
для учителей труда
и преподавателей ДПО и СПО**

«Издательские решения»

Борисова А. А.

Лабораторный практикум по проектированию
и программированию БПЛА. Методическое пособие для учителей
труда и преподавателей ДПО и СПО / А. А. Борисова —
«Издательские решения»,

Методическое пособие содержит комплект из двадцати семи лабораторных работ, охватывающих полный инженерный цикл по проектированию и программированию БПЛА. Каждая работа содержит планируемые результаты, теоретические сведения, практическое задание, контрольные вопросы. Работы выполняются в авторских цифровых средах «Система конструирования авиационной техники (СКАТ)» и «КОД полёта». Пособие ориентировано на учителей труда (технологии), педагогов ДПО и СПО.

Содержание

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	6
ЧАСТЬ I. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ КОНСТРУКЦИИ (среда «СКАТ»)	13
РАЗДЕЛ 1. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ БЕСПИЛОТНЫХ летательных аппаратов (8 класс)	13
РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ летательных аппаратов (8 класс)	18
Конец ознакомительного фрагмента.	19

**Лабораторный практикум
по проектированию и
программированию БПЛА
Методическое пособие для учителей
труда и преподавателей ДПО и СПО**

Анастасия Александровна Борисова

© Анастасия Александровна Борисова, 2026

ISBN 978-5-0070-9497-9

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Актуальность практикума

Развитие беспилотной авиации отнесено к числу приоритетных направлений технологического развития страны: национальный проект «Беспилотные авиационные системы» и федеральный проект «Кадры для БАС» предусматривают подготовку специалистов соответствующего профиля, начиная со школьного возраста. Обновление содержания учебного предмета «Труд (технология)» ввело в образовательную практику модули, связанные с современной техникой, в том числе вариативный модуль «Беспилотные летательные аппараты» для 8—9 классов.

Вместе с тем реализация этого содержания в массовой практике затруднена. Приобретение реальных квадрокоптеров и комплектующих требует значительных средств, а эксплуатация данной техники сопряжена с риском её повреждения и требованиями безопасности. В этих условиях традиционная модель обучения (сборка по инструкции и запуск по образцу) оказывается недостаточной для формирования у обучающихся целостного инженерного мышления, которое включает не только расчётное обоснование, но и системное проектирование, оптимизацию компонентов, алгоритмическое программирование управления, интерпретацию результатов моделирования и принятие решений в условиях конфликтующих требований (масса, тяга, бюджет, время полёта).

Настоящий практикум предлагает решение этих затруднений и охватывает *полный инженерный цикл* создания беспилотного летательного аппарата. Первая часть работ выполняется в цифровой среде «СКАТ»: обучающийся проектирует конструкцию беспилотного летательного аппарата и посредством расчёта устанавливает, как её параметры влияют на работоспособность. Вторая часть выполняется в цифровой среде «КОД полёта»: обучающийся программирует траекторию полёта и проверяет составленный алгоритм виртуальными лётными испытаниями. Обе среды не требуют приобретения комплектующих и обеспечивают безопасность. Завершают практикум комплексные работы, в которых спроектированный аппарат программируется и «поднимается в воздух» в виртуальном полёте, — тем самым обучающийся последовательно проходит весь инженерный цикл: «замысел — конструкция — расчёт — программа — испытание».

Содержание практикума носит надпредметный характер. Хотя работы соотнесены прежде всего с федеральной рабочей программой по учебному предмету «Труд (технология)», тот же инженерный цикл востребован в дополнительном образовании технической направленности и в среднем профессиональном образовании.

Практикум построен как единый комплект: одни и те же двадцать семь работ используются во всех трёх случаях, меняются только глубина освоения, темп работы и уровень проектных задач. Как именно — описано в разделе «Использование практикума в общем, дополнительном и среднем профессиональном образовании».

Ведущая идея практикума

В основу практикума заложен принцип *приоритета обоснования над эмпирическим подбором*. Этот принцип проводится через два взаимосвязанных этапа инженерного цикла.

На этапе проектирования (среда «СКАТ») принцип выступает как приоритет расчётного обоснования. Традиционная логика технического творчества — «собрал — испытал — переделал» — закрепляет репродуктивный способ действия: причины неудачи устанавливаются после неё, а решение находится перебором вариантов. Работа в среде «СКАТ» перестраивает эту логику на инженерную: «поставил задачу — спроектировал — рассчитал — убедился в работоспособности — обосновал решение». Ключевым элементом среды выступает *вердикт* —

закключение, которое не просто констатирует «летит/не летит», а указывает конкретную причину (превышение массы, недостаток тяги, нарушение центровки и т.д.), позволяя ученику понять, что именно и почему нужно изменить.

На этапе программирования управления (среда «КОД полёта») тот же принцип выступает как приоритет алгоритмического обоснования над подбором действий вручную. Обучающийся не «долетает как получится», а строит алгоритм, испытывает его в виртуальном полёте, а при неудаче — локализует ошибку средствами пошаговой отладки и дорабатывает программу. Здесь роль вердикта играет *результат виртуального испытания*: прохождение контрольных точек, столкновения с препятствиями, время полёта, расход аккумулятора. Существенны две методические особенности среды: автоматический перевод программы из блочной формы программирования в текст на язык Python, снимающий барьер перехода к текстовому программированию, и режим замедленной пошаговой отладки, превращающий поиск ошибки в предмет анализа.

В обоих случаях обучающийся переходит от вопроса «получится ли?» к вопросу «почему должно получиться?» — именно в этом переходе и формируется инженерное мышление. Вердикт программы и результат испытания выступают здесь не как оценка работы, а как инструмент анализа: они показывают, что именно пошло не так и куда направить доработку.

Адресат пособия

Пособие адресовано:

- учителям труда (технологии), реализующим модули «Робототехника», «3D-моделирование, прототипирование, макетирование» и вариативный модуль «Беспилотные летательные аппараты»;
- педагогам дополнительного образования технической направленности;
- преподавателям среднего профессионального образования технического профиля;
- студентам педагогических направлений.

Часть работ, связанная с программированием управления (среда «КОД полёта»), опирается на содержание, смежное с информатикой (алгоритмизация, основы языка Python), и может выполняться как на занятиях по труду (технологии), так и в сотрудничестве с учителем информатики.

Соотнесение с федеральной рабочей программой

В школьном контексте лабораторные работы практикума соотнесены с модулями федеральной рабочей программы основного общего образования по учебному предмету «Труд (технология)». Распределение работ по модулям и классам представлено в таблице 1. Соотнесение с нормативными основаниями дополнительного и среднего профессионального образования приведено в разделе «Использование практикума в общем, дополнительном и среднем профессиональном образовании».

Таблица 1

Распределение лабораторных работ по модулям федеральной рабочей программы

№ работы	Модуль федеральной рабочей программы	Тема занятий	Класс
1–3	Робототехника. Беспилотные летательные аппараты	Устройство и принципы работы беспилотных летательных аппаратов	8
4–7	Робототехника. Беспилотные летательные аппараты	Проектирование и конструирование беспилотных летательных аппаратов	8
8–9	3D-моделирование, прототипирование, макетирование	Аэродинамика и компьютерное моделирование	9
10	Робототехника. Беспилотные летательные аппараты	Правовые основы эксплуатации	9
11–12	Робототехника. Беспилотные летательные аппараты	Эксплуатационные характеристики и безопасность полётов	9
13–15	Робототехника. Проектная деятельность	Решение практических инженерных задач	9
16–18	Робототехника. Беспилотные летательные аппараты (связь с информатикой)	Основы управления и переход «блоки – код»	8–9
19–21	Робототехника. Беспилотные летательные аппараты (связь с информатикой)	Алгоритмические структуры в управлении полётом	8–9
22–24	Робототехника. Беспилотные летательные аппараты	Полёт в сложной обстановке; безопасность	9
25	Робототехника. Проектная деятельность	Составное полётное задание	9
26–27	Проектная деятельность (СКАТ + «КОД полёта»)	Полный инженерный цикл: от конструкции к полёту	9

Каждая работа рассчитана на один академический час. Общий объём практикума — 27 академических часов (часть I — 15 ч, часть II — 10 ч, часть III — 2 ч). Это позволяет использовать практикум как в рамках урочной деятельности по модулю «Робототехника» (8—9 классы), так и в формате факультативных или кружковых занятий. Практикум является модульным: он может использоваться целиком как самостоятельный курс либо выборочно — отдельными частями или работами, встраиваемыми в соответствующие темы учебного плана.

Структура лабораторной работы

Все работы построены единообразно и включают следующие элементы: указание *модуля* федеральной рабочей программы; *планируемые результаты* (предметные, метапредметные, личностные); *межпредметные связи*; *цель работы*; *теоретические сведения* (включая расчётные формулы или описание команд управления); *задание* — последовательность действий обучающегося в соответствующей среде; *форму фиксации результатов* (таблица результатов, а в работах по программированию — также листинг составленной программы и результат виртуального испытания); *контрольные вопросы* (пять вопросов, включающих проверку усвоения, объяснение, перенос и выдвижение собственных предложений).

Общие методические рекомендации

Организация занятия. Занятие целесообразно строить по следующей схеме: постановка проблемного вопроса (3—5 мин) — изложение теоретических сведений (7—10 мин) — выполнение задания в цифровой среде с заполнением формы фиксации результатов (20—25 мин) — обсуждение результатов и ответы на контрольные вопросы (5—7 мин).

Позиция педагога. Основное методическое требование — не давать обучающемуся готового решения. При затруднении следует задавать вопросы, подводящие к самостоятельному обнаружению причины: «что говорит вердикт программы?», «какой параметр вы изменили перед тем, как результат изменился?»; в работах по программированию — «на каком шаге поведение аппарата разошлось с ожидаемым?», «какую команду выполняет программа в этот момент?». Ошибка является рабочим материалом занятия, а не поводом для снижения оценки.

Работа с обратной связью среды. В работах по проектированию следует специально обращать внимание обучающихся на то, что отрицательный вердикт содержит указание причины; полезен приём сопоставления: обучающийся сначала высказывает предположение, будет ли конструкция работоспособна, затем проверяет предположение расчётом. В работах по программированию аналогичную роль играет виртуальное испытание: обучающийся предсказывает траекторию аппарата, запускает программу и сопоставляет предсказание с полётом; расхождение — наиболее продуктивная ситуация занятия, разбираемая средствами пошаговой отладки.

Переход от блочной формы к текстовой. В работах части II рекомендуется последовательно использовать методическую возможность среды «КОД полёта» — автоматический перевод блочной программы в текст на язык Python. Обучающийся сначала составляет программу из блоков, затем открывает её текстовую запись и убеждается в соответствии двух форм. Начиная с работы 17 текстовая форма вводится как основная.

Фиксация результатов. Заполнение форм обязательно: сопоставление строк таблицы позволяет обучающемуся увидеть зависимость, а сохранение листинга и результата испытания — проследить доработку алгоритма. В среде «КОД полёта» предусмотрено сохранение выполненных полётов, что позволяет формировать архив работ обучающегося.

Дифференциация. Уровень трудности работ по проектированию регулируется *режимом подсказок* среды «СКАТ». В базовом режиме среда не только выносит вердикт о работоспособности конструкции, но и поясняет причину отказа и направление доработки. При отклю-

чении подсказок («режим без подсказок») обучающийся получает только результат расчёта и вердикт, а причину и способ доработки устанавливает самостоятельно; тем самым учебная поддержка сворачивается, и обучающийся переходит к полностью самостоятельной инженерной диагностике. Отключение подсказок используется как средство усложнения для подготовленных обучающихся и как рабочий режим для более взрослых аудиторий; рекомендуемые режимы для разных аудиторий приведены в соответствующем разделе. Для обучающихся, справляющихся быстрее, предусмотрены, кроме того, вопросы на выдвижение собственных предложений (последний контрольный вопрос каждой работы) и усложнённые варианты задания; для испытывающих затруднения — выполнение работы в паре с распределением ролей.

Организационные условия. Для проведения занятий необходим компьютерный класс из расчёта одно рабочее место на одного-двух обучающихся. Среды «СКАТ» и «КОД полёта» устанавливается на учебные компьютеры (ключ доступа предоставляется педагогом). Работы не требуют приобретения комплектующих и расходных материалов.

Рекомендуемые критерии оценивания работы

Для работ по проектированию (часть I) и по программированию (части II—III) применяются согласованные критерии, различающиеся предметом оценивания (конструкция и её расчёт — в первом случае, алгоритм и его отладка — во втором).

Таблица 2

Критерии оценивания работ по проектированию (части I)

Критерий	0 баллов	1 балл	2 балла
Выполнение задания в среде	задание не выполнено	выполнено частично	выполнено полностью
Заполнение таблицы результатов	таблица не заполнена	заполнена с пропусками или ошибками	заполнена полно и корректно
Установление зависимости	зависимость не выявлена	зависимость названа без объяснения	зависимость выявлена и объяснена
Обоснование принятых решений	обоснование отсутствует	обоснование неполное	решения обоснованы расчётом
Ответы на контрольные вопросы	ответы отсутствуют	даны ответы на часть вопросов	даны развёрнутые ответы

Таблица 3

Критерии оценивания работ по программированию (части II—III)

Критерий	0 баллов	1 балл	2 балла
Составление программы	программа не составлена или не запускается	составлена, но выполняет задачу частично	составлена и выполняет задачу полностью
Соответствие результата заданию	результат не зафиксирован	контрольные точки пройдены частично или с столкновениями	контрольные точки пройдены, столкновений нет
Использование алгоритмических структур (циклы и др.)	структуры не применены там, где они уместны	структуры применены с недочётами	структуры применены уместно и рационально
Отладка и доработка	ошибка не локализована	ошибка найдена, но не исправлена	ошибка найдена, объяснена и исправлена
Ответы на контрольные вопросы	ответы отсутствуют	даны ответы на часть вопросов	даны развёрнутые ответы

Шкала перевода суммы баллов в отметку (по каждой работе): 9—10 баллов — «отлично»; 7—8 — «хорошо»; 5—6 — «удовлетворительно»; менее 5 — работа возвращается на доработку.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРАКТИКУМА В ОБЩЕМ, ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ И СРЕДНЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Работы практикума одни и те же для всех аудиторий — различается лишь то, как их встроить в занятия: каким нормативным документом руководствуется педагог, сколько времени отводится, какие проектные задания уместны и в каком режиме работает среда «СКАТ». Ниже приведены рекомендации для трёх случаев — школы, дополнительного образования и колледжа. Педагог выбирает подходящий случай, не меняя содержания самих работ.

В школе (уроки труда/технологии)

Нормативное основание. Федеральная рабочая программа основного общего образования по учебному предмету «Труд (технология)»: модули «Робототехника. Беспилотные летательные аппараты», «3D-моделирование, прототипирование, макетирование», «Робототехника. Проектная деятельность».

Возраст и уровень. Обучающиеся 8—9 классов; базовый уровень самостоятельности.

Объём и формат. Занятия по одному академическому часу. Практикум используется целиком как самостоятельный курс (факультатив, элективный курс) либо выборочно — отдельными работами, встраиваемыми в соответствующие темы учебного плана. Часть II может проводиться в сотрудничестве с учителем информатики.

Режим подсказок. По умолчанию подсказки среды «СКАТ» включены. Для подготовленных обучающихся подсказки отключаются — это основной способ усложнения работ без изменения их содержания.

Характер проектных заданий. Учебно-прикладные задачи, близкие обучающимся: доставка небольшого груза, наблюдение за местностью, работа техники в сложных климатических условиях (работы 13—15, 25—27) — в приведённом виде.

В дополнительном образовании (кружок, студия)

Нормативное основание. Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа технической направленности; соотнесение с федеральной рабочей программой не требуется. Практикум встраивается в программу объединения (кружка, студии) как её практическая основа.

Возраст и уровень. Гибкий, в том числе разновозрастные группы; уровень самостоятельности определяется этапом освоения программы.

Объём и формат. Модульный, с гибким объёмом; акцент на проектном, кружковом, а также выставочном и соревновательном форматах. При наличии материального обеспечения цифровой проект может дополняться физической сборкой аппарата (среда «СКАТ» работает в обоих режимах — цифровая модель обязательна, сборка опциональна).

Режим подсказок. На вводном этапе подсказки включены; по мере роста самостоятельности обучающихся отключаются, а в проектной работе, как правило, отключены.

Характер проектных заданий. Свободный выбор типа аппарата и задачи самим обучающимся; длительные индивидуальные и командные проекты, в том числе выставочные и конкурсные.

В колледже (среднее профессиональное образование)

Нормативное основание. Федеральный государственный образовательный стандарт СПО соответствующей специальности (профессии) и профессиональные стандарты; при необходимости — сопряжение с осваиваемыми профессиональными компетенциями. Практикум встраивается в общепрофессиональные дисциплины, профессиональные модули или практику.

Возраст и уровень. Студенты колледжа; ожидается взрослый уровень самостоятельности и профессиональная направленность деятельности.

Объём и формат. Встраивание в дисциплину или модуль; проектные задания профессиональной направленности, приближенные по требованиям к производственным.

Режим подсказок. По умолчанию отключены: от студента ожидается самостоятельная инженерная диагностика по результатам расчёта. Подсказки допустимы лишь на вводном занятии для освоения интерфейса среды.

Характер проектных заданий. Прикладные задачи под специальность (например, аэрофотосъёмка участка, мониторинг протяжённого объекта, обследование сооружений) с формулировкой технического задания, приближенной к профессиональной.

Режим подсказок для разных аудиторий

Режим подсказок — основной способ подстроить трудность работ под уровень аудитории, не меняя их содержания. Рекомендуемые режимы приведены в таблице 2а. Тот же принцип применяется, когда практикум осваивают взрослые обучающиеся на курсах повышения квалификации (в том числе педагоги): для них подсказки по умолчанию отключены.

Таблица 2а

Рекомендуемый режим подсказок среды

Аудитория	Режим подсказок по умолчанию
Школа, 8—9 кл. (базовый уровень)	включены
Школа — усложнённый вариант для подготовленных обучающихся	отключены
Дополнительное образование	включены на вводном этапе, далее отключаются
Колледж (СПО)	отключены
Курсы повышения квалификации, взрослые обучающиеся	отключены

ЧАСТЬ I. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЁТ КОНСТРУКЦИИ (среда «СКАТ»)

РАЗДЕЛ 1. УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ БЕСПИЛОТНЫХ летательных аппаратов (8 класс)

Лабораторная работа №1

Знакомство с устройством беспилотного воздушного судна мультироторного типа

Модуль ФРП: «Робототехника. Беспилотные летательные аппараты», 8 класс.

Планируемые результаты:

— *Предметные:* знать основные компоненты БПЛА мультироторного типа и их назначение.

— *Метапредметные:* работать с компьютерной моделью, анализировать техническую информацию.

— *Личностные:* формирование интереса к инженерным профессиям.

Межпредметные связи: физика (силы в природе), информатика (компьютерное моделирование).

Цель: Познакомиться с основными компонентами мультироторного БПЛА и научиться собирать простейшую конфигурацию в программе СКАТ.

Теоретические сведения

Беспилотный летательный аппарат мультироторного типа — это аппарат, который удерживается в воздухе несколькими несущими винтами; в быту его называют квадрокоптером. Чтобы понять, как он летает и почему одни детали обязательны, а другие нет, разберём его устройство и роль каждого компонента.

Основа аппарата — рама. Это «скелет», на котором закреплено всё остальное; у каждой рамы есть предельная масса, которую она способна нести. На лучах рамы стоят моторы — электродвигатели, вращающие пропеллеры. Именно пропеллеры, отбрасывая воздух вниз, создают тягу — силу, поднимающую аппарат. Без пропеллеров моторы будут вращаться вхолостую, тяга не возникнет, и аппарат не оторвётся от земли, поэтому пропеллеры — обязательная часть.

Скоростью каждого мотора управляют регуляторы оборотов (ESC). Сами они решений не принимают — они исполнители: получают команду и задают мотору нужные обороты. Команды же вырабатывает полётный контроллер — «мозг» аппарата. В нём есть датчики (гироскоп, акселерометр), которые сотни раз в секунду измеряют наклон и ускорение, и микропроцессор, который по этим данным вычисляет, какому мотору прибавить, а какому убавить обороты, чтобы удержать аппарат в равновесии. Контроллер и ESC — разные звенья одной цепочки: контроллер думает, ESC исполняет, и заменить одно другим нельзя.

Энергию всей системе даёт батарея — обычно литий-полимерный (Li-Po) аккумулятор; без питания не работает ни один узел. Дополнительные устройства, например камера, расширяют возможности аппарата, но для самого полёта не обязательны.

Четыре мотора мультиротора должны быть одинаковыми: аппарат держится в равновесии за счёт того, что противоположные винты создают согласованную тягу. Если один мотор мощнее других, аппарат кренится в его сторону, и контроллеру приходится постоянно бороться с перекосом — устойчивого полёта не будет. Так из нескольких узлов складывается рабочий аппарат, и роль каждого становится понятной, если мысленно представить, что его убрали.

Задание

- Запустите программу СКАТ (ключ доступа предоставляется педагогом).
- На вкладке «Мультироторный тип БАС» выберите раму **X-Рама 127 мм**.
- Установите компоненты согласно таблице 1.
- Запишите получившиеся параметры: вес, тягу, время полёта.
- Нажмите «Сбросить всё» и попробуйте собрать дрон самостоятельно.

Таблица 1. Первая сборка

Место установки	Что установить
Рама	X-Рама 127 мм
Моторы (все 4)	T-Motor 2207
Регулятор (ESC)	T-Motor 80A
Полётный контроллер	Matek F722
Батарея	CNHL 6S 1300mAh
Пропеллеры	HQ 127 мм

Контрольные вопросы

- Перечислите основные компоненты мультироторного БПЛА. Какие из них являются обязательными для полёта, а без каких можно обойтись?
- Какую функцию выполняет полётный контроллер? Почему его называют «мозгом» дрона?
- Почему важно, чтобы все четыре мотора были одинаковыми? Что произойдёт, если установить разные моторы?
- Предположите, что случится, если забыть установить пропеллеры и попытаться взлететь.
- В чём разница между регулятором оборотов (ESC) и полётным контроллером? Можно ли обойтись чем-то одним?

Лабораторная работа №2

Почему дрон нельзя перегружать: исследование максимальной взлётной массы

Модуль ФРП: «Робототехника. Беспилотные летательные аппараты», 8 класс.

Планируемые результаты:

- *Предметные:* понимать, что такое максимальная взлётная масса и почему её нельзя превышать.
- *Метапредметные:* проводить эксперимент, фиксировать результаты, делать выводы.
- *Личностные:* ответственное отношение к технике, понимание последствий нарушения ограничений.

Межпредметные связи: физика (сила тяжести, перегрузка), математика (проценты).

Цель: Экспериментально выяснить, к чему приводит превышение максимальной массы рамы, и научиться подбирать компоненты с учётом ограничений.

Теоретические сведения

Любой летательный аппарат способен поднять лишь ограниченный вес, и для рамы дрона этот предел задан её конструкцией. Он называется максимальной взлётной массой и в программе «СКАТ» записан в характеристике рамы **maxWeight** (в граммах). Это не пожелание, а граница прочности: суммарная масса всех установленных деталей — моторов, регуляторов, полётного контроллера, аккумулятора, камеры и самой рамы — не должна её превышать. Производитель указывает **maxWeight**, потому что именно он испытывал раму и знает, какую нагрузку её материал и геометрия выдерживают без разрушения.

Почему граница столь важна? В спокойном горизонтальном полёте нагрузка на лучи рамы примерно равна весу аппарата. Но стоит дрону резко набрать высоту, заложить вираж

или попасть в порыв ветра, как возникает перегрузка: из-за ускорения эффективный вес возрастает в два-три раза. Рама, рассчитанная «впритык», такого рывка не выдерживает — луч может треснуть или сломаться прямо в воздухе. Даже если перегруженный аппарат и оторвётся от земли, он будет вялым и плохо управляемым, потому что запаса тяги на манёвр уже не останется.

Насколько сборка выходит за предел, удобно выражать в процентах:

$$\text{Превышение (\%)} = ((\text{Масса фактическая} - \text{maxWeight}) / \text{maxWeight}) \times 100\%$$

Чем больше это число, тем серьёзнее вердикт программы: сначала она предупреждает, а при значительном превышении признаёт конструкцию неработоспособной. Наибольший вклад в общую массу обычно вносят самые тяжёлые узлы — аккумулятор и моторы, поэтому именно с них инженер начинает, когда нужно уложиться в предел. Отсюда правило: компоненты подбирают не по принципу «чем мощнее, тем лучше», а так, чтобы их суммарная масса укладывалась в возможности рамы с запасом на манёвр; а если требуется нести больше, берут раму прочнее или облегчают конструкцию.

Задание

- Выберите раму **Микро 64 мм** (maxWeight = 200 г).
- Установите на неё самые тяжёлые моторы (ВН 2806.5), большую батарею (CNHL 6S 1300mAh) и камеру.
- Запишите, какой вердикт выдала программа, и рассчитайте превышение массы в процентах.
- Замените моторы на ВН 1507, батарею на BetaFPV 2S 500mAh, уберите камеру. Как изменился вердикт?
- Заполните таблицу.

Таблица 2. Эксперименты с перегрузом

Описание сборки	maxWeight, г	Фактическая масса, г	Превышение, %	Что говорит программа
С тяжёлыми деталями	200			
С лёгкими деталями	200			

Контрольные вопросы

- Что означает характеристика maxWeight у рамы? Почему производитель её указывает?
- При каком превышении массы (в процентах) программа выдала первое предупреждение?
- Почему при резком манёвре нагрузка на раму возрастает? Во сколько раз может увеличиться эффективный вес дрона?
- Какие детали вашей сборки внесли наибольший вклад в общую массу?
- Предложите способ, как можно было бы усилить раму «Микро 64 мм», чтобы она выдерживала массу 300 г. Опишите идею.

Лабораторная работа №3

Тяговооружённость: как сделать дрон «резвым» или «спокойным»

Модуль ФРП: «Робототехника. Беспилотные летательные аппараты», 8 класс.

Планируемые результаты:

- *Предметные:* знать понятие тяговооружённости и уметь её рассчитывать.
- *Метапредметные:* сравнивать характеристики, выбирать компоненты под задачу.
- *Личностные:* понимание связи инженерных решений и практического применения.

Межпредметные связи: физика (сила, вес, отношение величин), математика (пропорции).

Цель: Научиться рассчитывать тяговооружённость и подбирать компоненты для разных стилей полёта.

Теоретические сведения

Тяговооружённость показывает, насколько «сильно» способен лететь аппарат, и обозначается греческой буквой λ («лямбда»). Это отношение суммарной тяги всех моторов к весу дрона — то есть во сколько раз моторы могут перетянуть силу тяжести:

$$\lambda = \text{Суммарная тяга моторов (г)} / \text{Масса дрона (г)}$$

Например, если аппарат весит 500 г, а моторы вместе дают тягу 1000 г, то $\lambda = 1000 / 500 = 2,0$. Значение $\lambda = 1,0$ означает, что тяга лишь уравнивает вес: аппарат едва висит и не может ни разогнаться, ни бороться с ветром. При $\lambda = 3,0$ моторы способны создать втрое больше силы, чем нужно для висения, — у аппарата огромный запас на резкие манёвры.

На практике диапазоны λ таковы: меньше 1,5 — аппарат вялый, взлетает с трудом; от 1,5 до 2,0 — спокойный, устойчивый полёт, удобный для учёбы и видеосъёмки; больше 2,0 — резвый аппарат, способный быстро разогнаться и выполнять трюки. Поэтому для съёмки видео выбирают λ ближе к нижней части диапазона: плавность и стабильность важнее скорости, а лишняя резвость только раскачивает картинку.

Изменить λ можно двумя путями, и они действуют противоположно. Более мощные моторы увеличивают числитель — суммарную тягу — и поднимают λ . Более ёмкая батарея, наоборот, добавляет массу в знаменатель и λ снижает, хотя и продлевает полёт. Отсюда постоянный компромисс инженера: гоночные дроны делают лёгкими и ставят мощные моторы, получая очень высокую λ и огромную тягу, но такие моторы потребляют ток жадно, и заряда аккумулятора хватает лишь на несколько минут. Так высокая λ — это почти всегда плата коротким временем полёта. А чтобы получить нужную тягу под заданную λ , её вычисляют обратным ходом: суммарная тяга = $\lambda \times$ масса.

Задание

- Выберите раму **Гоночная 178 мм**.
- Создайте три варианта сборки:
- **Вариант А** — дрон с λ меньше 1.5 (вялый).
- **Вариант Б** — дрон с λ от 1.5 до 2.0 (спокойный).
- **Вариант В** — дрон с λ больше 2.0 (резвый).
- Для каждого варианта запишите, какие моторы вы выбрали, какой получился вес, тяга и λ .

— Заполните таблицу.

Таблица 3. Три варианта тяговооружённости

Вариант	Моторы (какие?)	Вес, г	Тяга (всех), г	λ	Как летит?
А				< 1.5	Вяло
Б				1.5–2.0	Спокойно
В				> 2.0	Резво

Контрольные вопросы

- Запишите формулу тяговооружённости своими словами. Что показывает $\lambda = 1,0$? А $\lambda = 3,0$?
- Какой компонент вы меняли, чтобы изменить λ ? Что повлияло сильнее: моторы или батарея?
- Для съёмки видео с дрона какой λ лучше выбрать и почему?

- Рассчитайте: дрон весит 800 г, вы хотите $\lambda = 2.5$. Какую суммарную тягу должны создавать моторы?
- Почему гоночные дроны летают очень быстро, но очень недолго? Связано ли это с λ ?

РАЗДЕЛ 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И КОНСТРУИРОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ летательных аппаратов (8 класс)

Лабораторная работа №4

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.