

Олимпиада «Физтех.Инженер» по физике

9 класс, 2025/26 год, онлайн-этап I, вариант 1

И. И. Кравченко

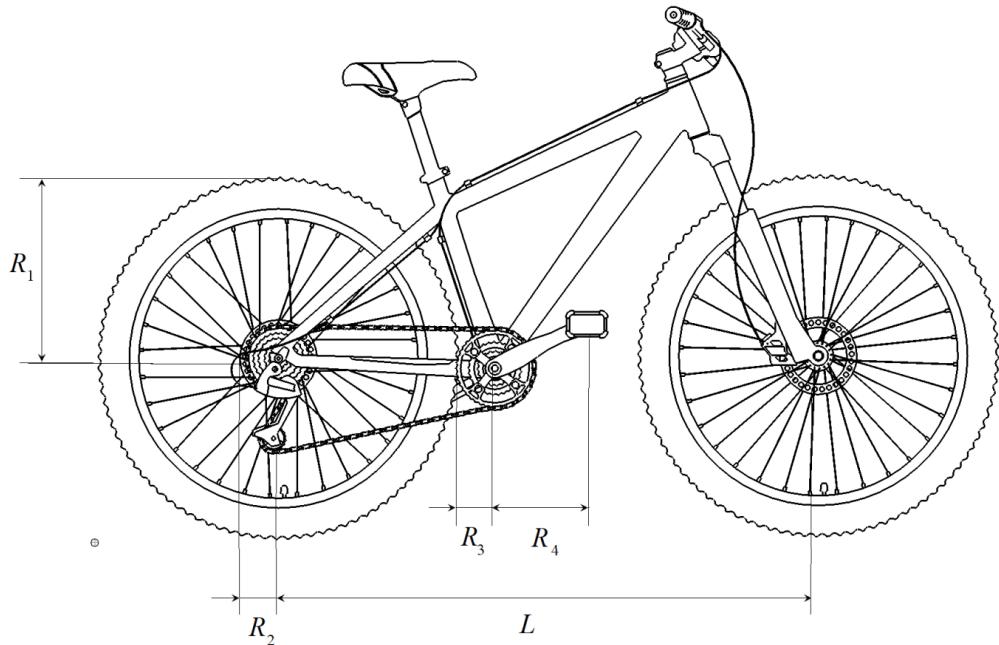
Физические олимпиады Physway

1. [Велосипед] Велосипедист массой $M = 42$ кг на велосипеде массой $m = 18$ кг едет по горизонтальной дороге. Неважно, мальчик это или девочка. А важно, что педали он крутит равномерно и в голове решает задачи с предварительного этапа «Физтех-инженер»! На чертеже ниже заданы некоторые размеры:

$$R_1 = 12 \text{ дюймов}, \quad R_2 = 40 \text{ мм}, \quad R_3 = 56 \text{ мм}, \quad R_4 = 160 \text{ мм}, \quad L = 1250 \text{ мм}.$$

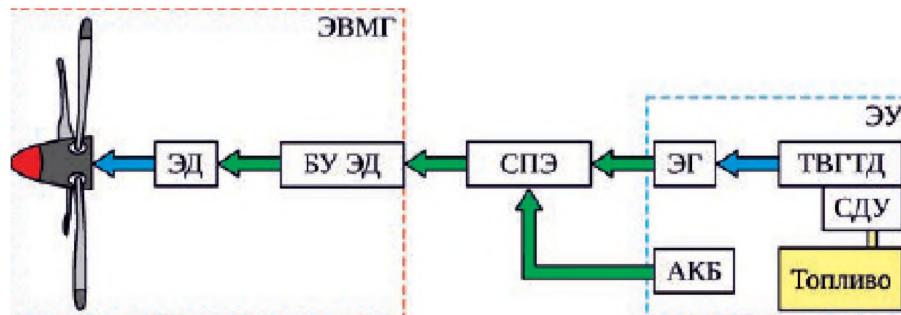
Прокальзывание отсутствует. Трением в узлах велосипеда пренебречь. Ускорение свободного падения $9,81 \text{ Н/кг}$, 1 дюйм примерно равен $2,54 \text{ см}$. Как часто бывает в инженерных задачах — не все данные потребуются.

- Найти скорость велосипеда по земле, если на один оборот педалей тратится одна секунда. Ответ дать в м/с , округлив до десятых.
- Какую максимальную силу тяги, приложенную к ободу заднего колеса, может развить велосипедист? Ответ дать в ньютонах, округлив до целых.



1) 2,7 ($\pm 5\%$); 2) 154 ($\pm 5\%$)

2. [ТВД] Одной из главных задач авиации России является обеспечение транспортной связанности территории страны. Важную роль здесь играют местные воздушные линии, существенная часть парка которых состоит из самолетов Ан-2. Актуальна замена этих самолетов с применением гибридных силовых установок (ГСУ), на основе гибридного турбовинтового двигателя, подключаемого, например, по «последовательной схеме» (см. рис. ниже). В основе такой силовой установки лежит энергоузел (ЭУ), в состав которого входят два источника электрической энергии: основной — электрогенератор (ЭГ) с приводом от тепловой машины, в данном случае — от турбовального газотурбинного двигателя (ТВГТД), и дополнительный — аккумуляторные батареи (АКБ). Оба источника электрической энергии передают ее в блок управления (БУ), который осуществляет питание электродвигателя (ЭД), управляет им и приводит во вращение воздушный винт. Таким образом, химическая энергия топлива последовательно преобразуется в механическую энергию в ТВГТД, далее — в электрическую энергию в ЭГ, затем опять в механическую энергию в ЭД. Часто ЭД с его блоком управления (БУ) и движитель (винт) выделяют в отдельную электрическую винтомоторную группу (ЭВМГ). При передаче электрической мощности (см. зеленые стрелки) задействованы: БУ ЭД и система передачи энергии (СПЭ), которая включает в себя устройства коммутации и защиты, преобразователи переменного/постоянного тока, силовые кабели и т. д. При передаче механической мощности (см. синие стрелки) используется система дистанционного управления (СДУ) газовым трактом ТВГТД.



ГСУ последовательной схемы на основе гибридного ТВД [1]

Пусть АКБ добавляет в режиме взлета (*a*) 30% от электрической мощности, вырабатываемой ЭГ на этом режиме. В крейсерском режиме (*b*) АКБ отключена, а ТВГТД снижает вырабатываемую механическую мощность на 20% по сравнению со взлетным режимом.

Найти отношение скоростей прокачки воздуха через винт на обоих режимах V_a/V_b . Считать, что КПД винта и других агрегатов не зависят от выбора режимов *a* или *b*. Известно, что винт развивает силу тяги пропорционально квадрату скорости прокачиваемого через него воздуха. Эта скорость прокачки намного больше скорости самого самолета. Ответ округлить до сотых.

Список использованных источников:

- Оценка эффективности различных типов силовых установок 9-местного самолета местных воздушных линий / Варюхин А. Н. и др. // Авиационные двигатели, 2025. № 1 (26). С. 83–100.

1,18 ($\pm 1\%$)

3. [Взлет] Основная сложность взлета-посадки самолетов на авианосцы связана с малой длиной взлетно-посадочной полосы. Поэтому при посадке используют трос аэрофинишера, а для взлета — 1) трамплин; 2) паровую или электромагнитную катапульту и 3) собственное движение авианосца. Рассмотрим способы 2) и 3) сокращения взлетной дистанции.

1. Какой минимальной длины L должен быть горизонтальный разгон самолета при взлете под действием катапульты, если над морем дует ветер со скоростью $W = 20$ узлов, и авианосец в воде развивает максимальную скорость $U = 29$ узлов (1 узел = $0,517$ м/с)? Продольное максимально допустимое ускорение самолета $a = 2g$. Минимальная скорость отрыва от ВПП при взлете в безветренных условиях с наземного аэродрома при прочих равных условиях составляет $V = 270$ км/ч. Катапульта действует в течение всего времени разгона самолета с одинаковой силой. Ответ дать в метрах (округляя до целых), считать $g = 9,81$ м/с².
2. Сравнить полезную мощность (найти отношение N_2/N_1), развивающую катапультой в условиях п. 1, для двух положений самолета на палубе во время его разгона:

$$x_2 = 20 \text{ м} \quad \text{и} \quad x_1 = 10 \text{ м}$$

от точки старта. Считать ускорение между точками $x_{1,2}$ все время максимально возможным. Отношение округлить до десятых.

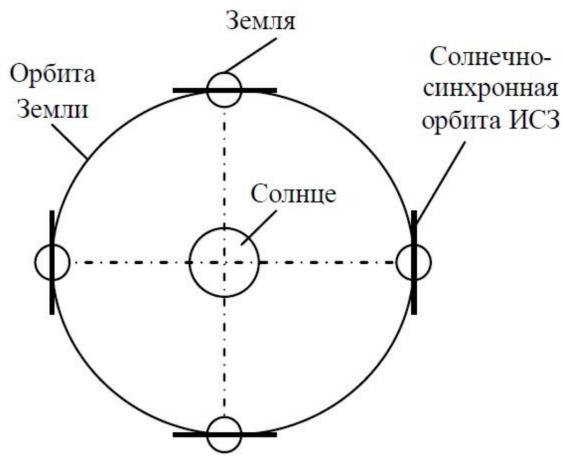
1) 63 ($\pm 5\%$); 2) 1,4 ($\pm 5\%$)

4. [Квадрокоптер] Емкость батареи квадрокоптера равна $q = 5000$ мАч. ЭДС батареи во всех режимах при разрядке постоянна и равна $U = 5$ В. При ее зарядке постоянным током до 60% емкости за $t = 6$ часов выделяется тепло $Q = 390$ Дж.

1. Каким должно быть электрическое сопротивление каждого мотора квадрокоптера для подъема максимального веса полезной нагрузки? Считать, что моторы подключают к батарее параллельно друг другу. Дать ответ в Омах, округляя до тысячных.
2. Найти массу квадрокоптера вместе с максимальной полезной нагрузкой (в граммах, с точностью до целых), если КПД каждого электромотора 90%, а сила тяги каждого мотора $F = AV^2$, где V — скорость потока воздуха, прокачиваемого через винт, $A = 8$ г/м — коэффициент пропорциональности для каждого винта. Ускорение свободного падения считать равным 9,81 м/с².

1) 0,288 ($\pm 10\%$); 2) 591 ($\pm 5\%$)

5. [Станция] На смену МКС Россия планирует запустить новую космическую станцию «РОС». В отличие от угла наклонения плоскости орбиты МКС $\varphi_1 = 51,6^\circ$ к плоскости экватора Земли, у новой станции наклонение будет $\varphi_2 = 98^\circ$. Практически, это солнечно-синхронная орбита искусственного спутника Земли. Нормаль к ее плоскости все время отслеживает направление на Солнце (приблизительно). Для этого параметры солнечно-синхронной орбиты подбираются так, чтобы скорость поворота ее плоскости совпадала с угловой скоростью движения Земли вокруг Солнца (см. рис.: жирная черта на фоне кружка — это плоскость орбиты ИСЗ на фоне Земли при виде сверху). При такой орбите солнечные батареи станции всегда освещены. Кроме того, такой выбор орбиты позволит наблюдать с борта станции за приполярными районами России. Высота орбиты «РОС» оценивается как $h = 350$ км.



- Полосой какой минимальной ширины (по долготе) должна вестись съемка поверхности Земли аппаратурой «РОС», если ставится задача за двое суток провести наблюдения над всей поверхностью Земли?
- Определить длину дуги, соответствующей минимальной ширине полосы наблюдения на поверхности Земли. Аппаратура направлена к поверхности Земли перпендикулярно (радиально). Ускорение свободного падения на поверхности Земли считать равным $9,81 \text{ м/с}^2$, а радиус Земли $R = 6400 \text{ км}$. Ответ дать в км, округлить до целых чисел.

1) $22,7^\circ$; 2) $2221 (\pm 5\%)$