

# Олимпиада «Физтех.Инженер» по физике

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

И. И. Кравченко

Физические олимпиады

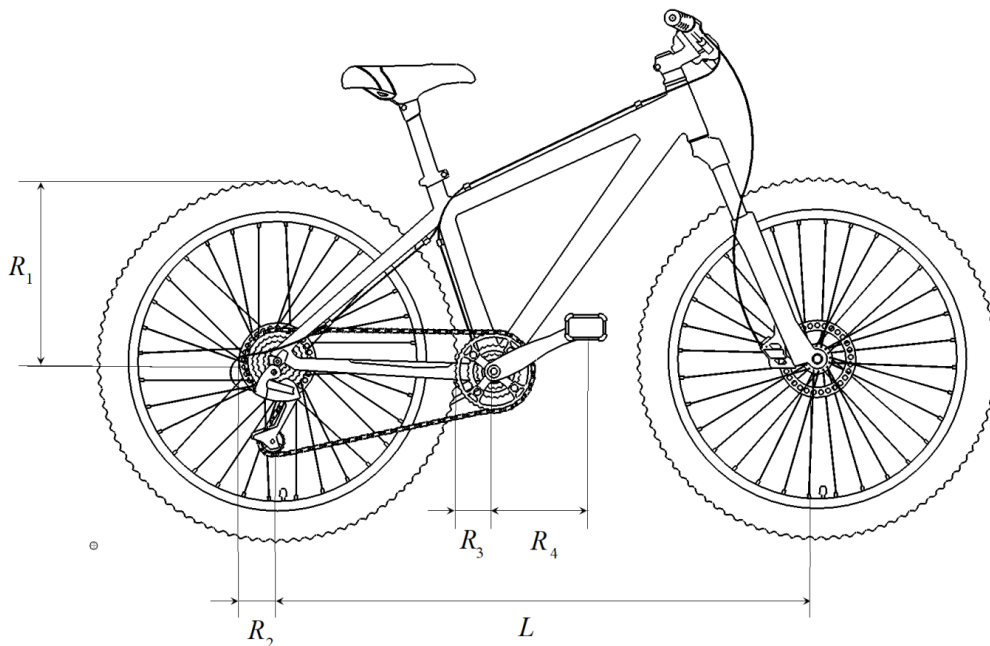
Physway

**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:

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

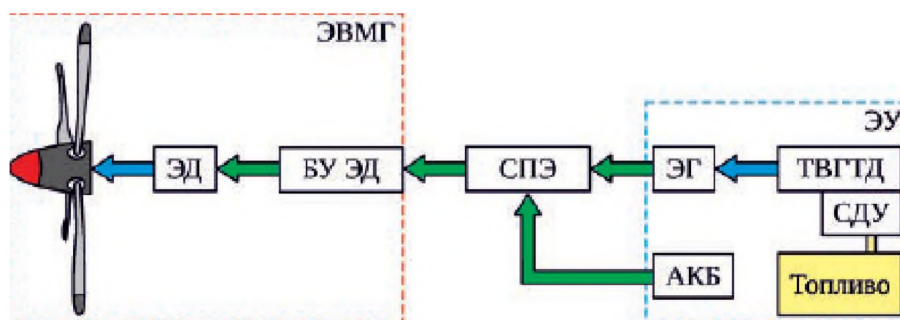
Проскальзывание отсутствует. Трением в узлах велосипеда пренебречь. Ускорение свободного падения  $9,81 \text{ Н/кг}$ , 1 дюйм примерно равен  $2,54 \text{ см}$ . Как часто бывает в инженерных задачах — не все данные потребуются.

1. Найти скорость велосипеда по земле, если на один оборот педалей тратится одна секунда. Ответ дать в м/с, округлив до десятых.
2. 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 (*б*) 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 *б*. 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:

1. 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/с<sup>2</sup>.
2. Сравнить полезную мощность (найти отношение  $N_2/N_1$ ), развиваемую катапультной 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.

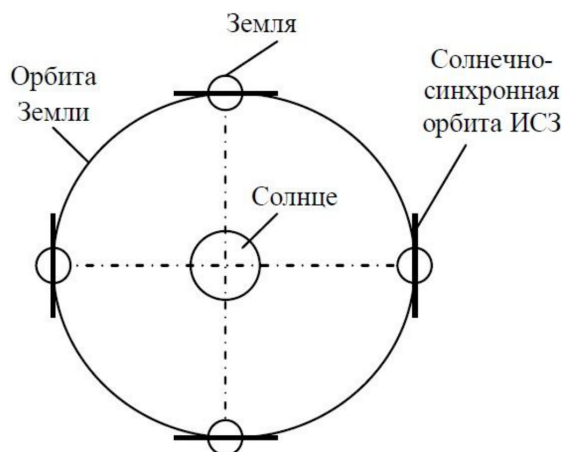
1) 63 ( $\pm 5\%$ ); 2) 1,4 ( $\pm 5\%$ )

**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/с<sup>2</sup>.

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.



1. 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?
2. 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)  $2221 (\pm 5\%)$