



ЭНЕРГИЯ ОБРАЗОВАНИЯ



2010-2011

Задания первой отраслевой Олимпиады школьников в области гидроэнергетики «Энергия образования»

АВТОРСКИЙ КОЛЛЕКТИВ:

ШАПОШНИКОВ Ф.В. – РАЗРАБОТЧИК ЗАДАЧ

ГУБКИН М.К. – ЭКСПЕРТИЗА ЗАДАЧ

Задания для 8 класса

Задача 1

Из пункта А выше по течению реки баржа возит щебень для строительства моста в пункт В ниже по течению реки. Ровно посередине между пунктами А и В расположена плотина гидроэлектростанции со шлюзом, на прохождение которого баржа затрачивает 30 мин. Время погрузки баржи равно 1 час, разгрузки — 2,5 часа, скорость нагруженной баржи относительно воды в два раза больше течения реки, а ненагруженной — в три раза. Определить, за какое время баржа перевезет 19700 тонн щебня из А в В, если ее грузоподъемность составляет 500 тонн, а время затрачиваемое на путь от пункта А до шлюза равно 4 часа. В начальный момент времени баржа находится в пункте А.

Задача 2

Лето. Дача. Папа для экономии электроэнергии установил на крыше дачного домика солнечную батарею и запитал от нее кухонную электроплитку. Сколько времени потребуется маме для приготовления супа объемом 5 л на этой электроплитке, если за время кипения из кастрюли испаряется 100 мл воды. Среднесуточная инсоляция в средних широтах в летние месяцы составляет $5,56 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. КПД солнечной батареи обычно не превышает 15%.

Задача 3

Мощность строящейся приливной электростанции «Северная» в Мурманской области составит 12 МВт при КПД равном 65%. Электростанция своей плотиной перекрывает губу (длинный узкий залив) «Долгая», площадь которой составляет 5 км^2 . Определить средний перепад уровней воды в рабочем цикле электростанции, если цикл приливного наполнения или опустошения залива длится около 5 часов. Ускорение свободного падения принять равным $10 \text{ м}/\text{с}^2$.

Задания для 9 класса

Задача 1

В современной отечественной практике строительства приливных ГЭС применяется так называемый «наплавной» способ монтажа гидроагрегатов. При этом способе турбина вместе с генератором и всеми подсобными конструкциями монтируется в единый блок на заводе, а затем погружается в воду (модуль герметичен) и транспортируется к месту установки (рис. 1 и фото 2-3). По рисунку и фотографиям оцените массу такого агрегата.



РИС. 1 ВНУТРЕННЕЕ УСТРОЙСТВО НАПЛАВНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ПРИЛИВНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.



НА ФОТО НАПЛАВНОЙ БЛОК НА СТАПЕЛЕ ЗАВОДА «СЕВМАШ».



НА ФОТО НАЧАЛО БУКСИРОВКИ ЭНЕРГОБЛОКА В ГУБУ КИСЛЯЯ

Задача 2

Уровень воды в водохранилище гидроэлектростанции находится на 200 м выше турбины гидрогенератора. Определить на сколько повышается температура воды сразу за плотиной ГЭС. Мощность одного гидрогенератора на этой ГЭС составляет 640 МВт, его КПД — 95%; диаметр водовода, направляющего поток воды на генератор равен 7.5 м, расход воды на один генератор равен $360 \text{ м}^3/\text{с}$. Ускорение свободного падения принять равным $10 \text{ м}/\text{с}^2$.

Задача 3

Каждый из ветрогенераторов, показанных на рисунке, развивает мощность 1 МВт при скорости ветра 12 м/с. Какую мощность будет развивать сеть из 10 параллельно соединенных генераторов при скорости ветра 2 м/с, если предположить, что мощность пропорциональна квадрату скорости ветра.



Задания для 10 класса

Задача 1

В декабре 2004 г. на Кислогубской приливной электростанции на Кольском полуострове смонтирован первый отечественный ортогональный гидроагрегат (ось турбины перпендикулярна направлению водяного потока) с рабочим колесом диаметром 2,5 метра на горизонтальном валу. Устройство такой турбины показано на рисунке 1. Вода, обтекая колесо турбины со всех сторон, с одной стороны прижимает подвижные лопатки турбины к колесу, а с другой стороны эти лопатки устанавливаются перпендикулярно потоку, за счет чего и вращается турбина. Хотя КПД такой турбины и невелик – всего около 70%, но она позволяет пропускать водный поток в обе стороны без изменения направления вращения турбины. Оцените максимальную мощность такого гидрогенератора со следующими параметрами: площадь каждой лопатки $S = 1 \text{ м}^2$, ширина лопатки $L = 10 \text{ см}$, колесо турбины совершает один оборот в секунду, скорость потока непосредственно перед турбиной 10 м/с. Считать, что одновременно «открыта», т. е. находится в рабочем положении, только одна лопатка турбины. Следует заметить, что колесо турбины не является сплошным (см. рис. 2), и способно пропускать через себя «излишний водяной поток».

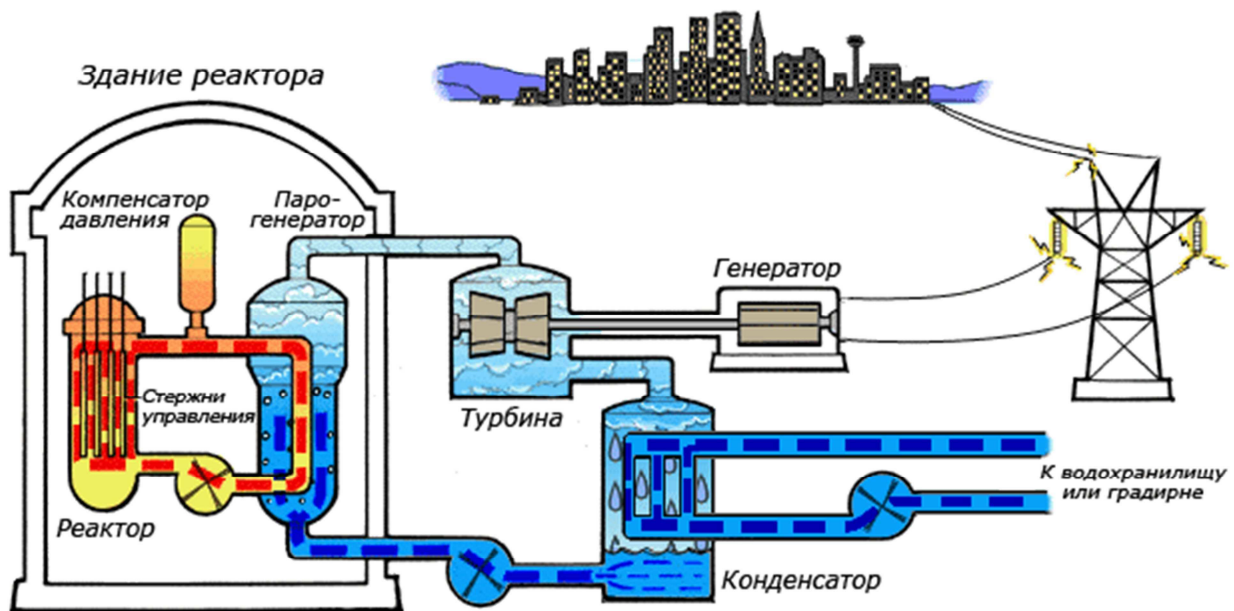


Рис. 1

Рис. 2

Задача 2

Определить максимальный КПД ядерного реактора, если теплоносителем в первичном контуре является вода, которая проходя через активную зону реактора нагревается и испаряет воду в испарителе вторичного контура, доводя давление пара до 6,4 МПа. Затем пар под давлением поступает в турбину генератора. Вода, необходимая для конденсации отработанного пара, прошедшего через турбогенератор, поступает из близлежащей речки и сбрасывается в нее же. Причем, объем расходуемой воды составляет 15% от полного расхода воды в реке. Температура воды в реке до водозабора составляет 18°, а немного ниже водосброса по течению — 20° С.



Задача 3

Тепловая мощность, выделяющаяся на обмотке гидрогенератора линейно зависит от разности температур обмотки и окружающего воздуха: $N = \beta(T - T_0)$, где $\beta = 2 \cdot 10^3$ Вт/°С. Сопротивление обмотки тоже линейно зависит от этой разности: $r = r_0[1 + \alpha(T - T_0)]$, где $\alpha = 0,004$ (1/°С) — температурный коэффициент сопротивления, $r_0 = 100$ Ом — сопротивление обмотки при комнатной температуре. До какой температуры нагреется обмотка при токе через генератор равный $I = 10$ А?

Задания для 11-класса

Задача 1

Любая плотина речной гидроэлектростанции оборудована водосбросными каналами — отверстиями для протока избыточных весенних паводковых вод в реке в обход турбины гидрогенератора. Во сколько раз увеличится расход воды через водосброс при увеличении уровня воды в реке над кромкой водосброса в 2 раза (см. рис.)? Поперечный профиль водосброса — прямоугольный.

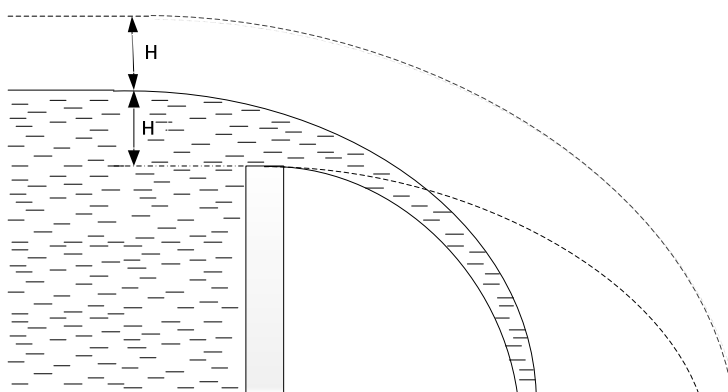


Рис.1

Задача 2

Представьте, что вам потребовалось остановить турбину гидрогенератора на ГЭС для профилактического осмотра, а никаких устройств для торможения на этом генераторе не предусмотрено. Придумайте, как можно осуществить остановку турбины за минимальное время, если у вас на складе имеется только 80 балластных термостойких сопротивлений номиналом 12,5 кОм каждое. Сопротивление обмоток генератора равно 2,5 кОм.

Задача 3

В магнитогидродинамическом генераторе между двух параллельных пластин, находящихся на небольшом расстоянии друг от друга, движется раскаленный газ. Площадь каждой пластины 50 см^2 . Магнитное поле с индукцией 1 Тл параллельно пластинам и перпендикулярно газовому потоку. Скорость газа между пластинами 3 км/с , электропроводность газа $\sigma = 50 \text{ (Ом}\cdot\text{м)}^{-1}$. Чему равна сила тока через генератор, если пластины замкнуть проводом.

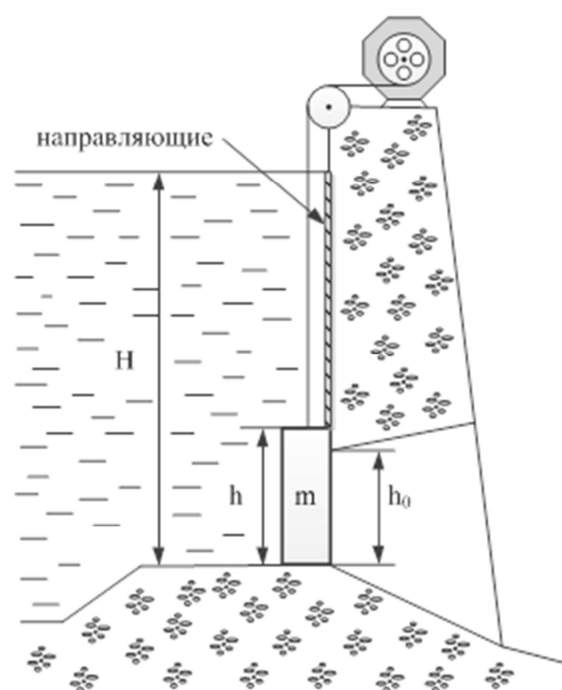
Задача 4

Придумайте, как можно находясь рядом с высоковольтной линией электропередачи, оценить относительную загруженность этой линии в разное время суток. Залезать на опоры ЛЭП и приближаться к высоковольтным проводам на расстояние ближе, чем высота их расположения над землей нельзя. Кроме того, из измерительного оборудования можно использовать только то, которое вы можете построить собственными руками из подручных материалов.

Задания для очного тура Олимпиады энергетики»

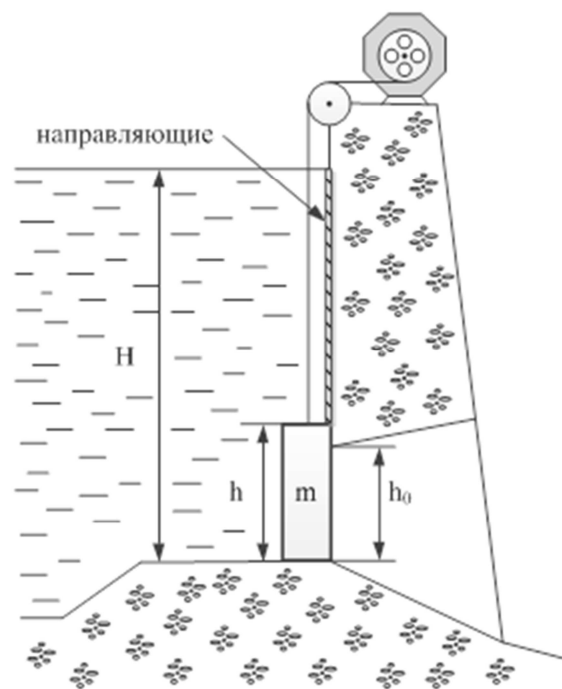
Задача 1.1

Любая речная плотина оборудована специальными каналами для пропуска паводковых весенних вод и понижения уровня воды в водохранилище. Эти каналы перекрываются тяжелыми заслонками, которые поднимаются и опускаются на малых плотинах вручную, а на плотинах гидроэлектростанций с помощью электродвигателей. Представим себе, что на нашей плотине (см. рис.) заслонка массой $m = 5$ т, высотой $h = 4$ м и шириной $L = 5$ м полностью перекрывает водосбросное отверстие высотой $h_0 = 3,5$ м. Нижний край водосбросного отверстия находится на глубине $H = 20$ м. Заслонка скользит по направляющим, плотно прижимаясь к ним, с коэффициентом трения $\mu = 0,6$ и медленно поднимается с помощью электродвигателя, обладающего КПД $\eta = 70\%$. Определить стоимость однократного полного открытия водосбросного отверстия при тарифе на электроэнергию $k = 3,6$ руб/кВт·ч. Предполагается, что вода не проникает между заслонкой и телом плотины и из отверстия поток воды свободно изливается в заплотинное пространство. Силами вязкого трения, действующими на заслонку, пренебречь. Принять ускорение свободного падения равным $g = 10$ м/с².



Задача 1.2

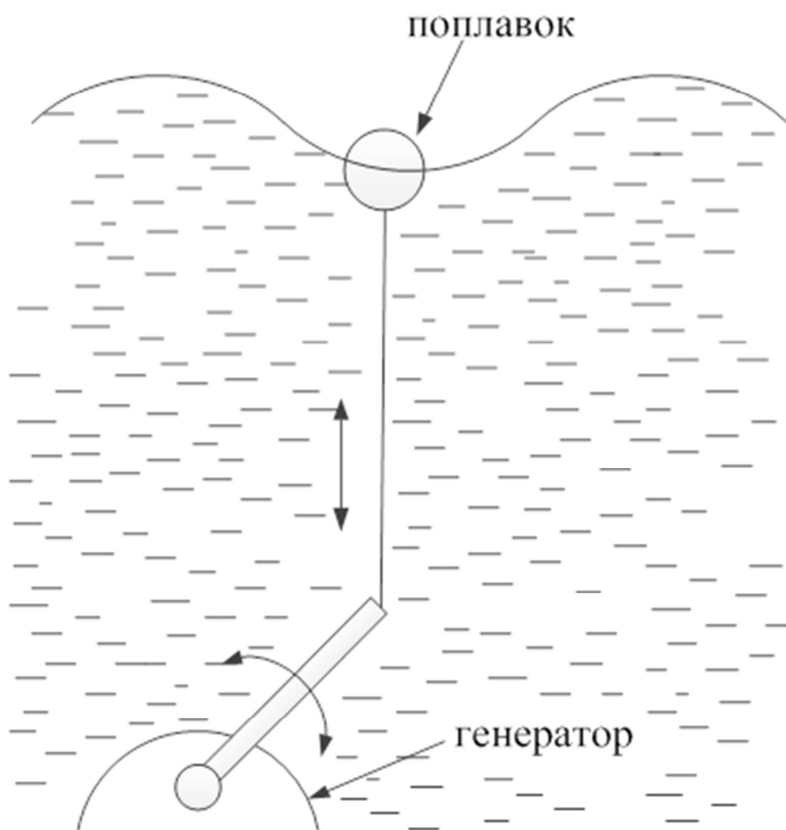
Любая речная плотина оборудована специальными каналами для пропуска паводковых весенних вод и понижения уровня воды в водохранилище. Эти каналы перекрываются тяжелыми заслонками, которые поднимаются и опускаются на малых плотинах вручную, а на плотинах гидроэлектростанций с помощью электродвигателей. Представим себе, что на нашей плотине (см. рис.) заслонка массой $m = 5$ т, высотой $h = 4$ м и шириной $L = 5$ м полностью перекрывает водосбросное отверстие высотой $h_0 = 3,5$ м. Нижний край водосбросного отверстия находится на глубине $H = 15$ м. Заслонка скользит по направляющим, плотно прижимаясь к ним, и медленно поднимается с помощью электродвигателя, обладающего КПД $\eta = 60\%$. Определить коэффициент трения скольжения при движении заслонки, если стоимость однократного полного открытия водосбросного отверстия при тарифе на электроэнергию $k = 3,6$ руб/кВт·ч составляет 10 руб. Предполагается, что вода не проникает между заслонкой и телом плотины и из отверстия поток воды свободно изливается в заплотинное пространство. Силами вязкого трения, действующими на заслонку, пренебречь. Принять ускорение свободного падения равным $g = 10$ м/с².



Задача 2.1

В последние несколько лет начали осуществляться проекты по использованию энергии морского прилива. Один из проектов выглядит следующим образом: на морском дне закрепляется электрический генератор (см. рис.), который приводится в движение с помощью поплавка, колеблющегося на волнах. Поплавок прикреплен к генератору с помощью троса и при отсутствии волн свободно плавает и погружен в воду наполовину. Оценить среднюю электрическую мощность, вырабатываемую таким генератором, если КПД генератора 60%, объем поплавка — 20 м³,

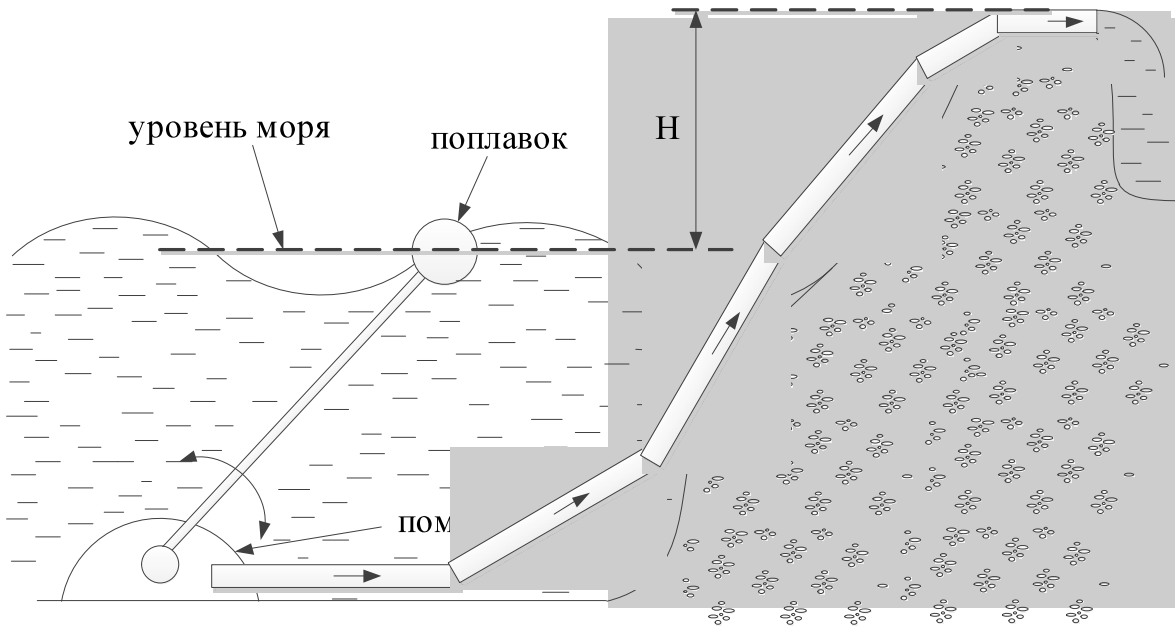
амплитуда морской волны — 1 м, а частота — 0,1 Гц. Массой соединительного троса пренебречь. Принять ускорение свободного падения равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Задача 2.2

В последние несколько лет начали осуществляться проекты по использованию энергии морского прилива. Один из проектов выглядит следующим образом: недалеко от берега на дне закрепляется механическая водяная помпа (см. рис.), которая приводится в движение колеблющимся на поверхности воды поплавком, жестко соединенным с помпой. Поплавок при отсутствии волн погружен в воду наполовину. От помпы вода по трубам поступает в расположенное выше уровня моря водохранилище и, затем, может быть использована для питания турбины гидрогенератора. Определить, сколько воды поступает в водохранилище от такой помпы в час, если КПД помпы равен 75% и вода закачивается на высоту $H = 20 \text{ м}$ над уровнем моря. Объем поплавка равен 10 м^3 , амплитуда морской волны — 40

см, а ее период — 10 с. Принять плотность морской воды приблизительно равной 1000 кг/м^3 . Массой рычага, соединяющего поплавков с помпой, пренебречь.



Задача 3.1

Совсем недавно прошли масштабные лабораторные испытания рельсового ускорителя (рельсотрона) — устройства для разгона практически любых небольших объектов до скорости в несколько раз превышающей скорость звука. Рельсовый ускоритель состоит из батареи конденсаторов, подсоединенной к двум параллельным прямым проводникам — «рельсам», замыкаемым между собой скользящим по ним проводящим «снарядом» (см. рис.).



В процессе разрядки конденсаторов через «снаряд» возникает ток, создающий магнитное поле. Взаимодействие магнитного поля с током в «снаряде» и приводит к его движению. Вся система спроектирована так, чтобы скорость «снаряда» на выходе из рельсотрона была максимально возможной. Оценить величину этой скорости в предположении, что «снаряд» во время своего движения находится в однородном магнитном поле величиной $1,5 \text{ Тл}$, направленным перпендикулярно рельсам. Расстояние между рельсами равно 10 см , энергия, накопленная в батарее конденсаторов при напряжении 1 кВ , равна 60 МДж , масса «снаряда» составляет 9

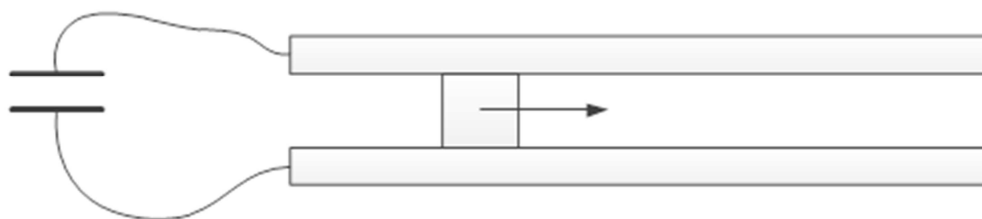
кг. Индукционными токами в рельсотроне пренебречь, индуктивность цепи считать постоянной, а электрическое сопротивление — незначительным.

Задача 3.2

Совсем недавно прошли масштабные лабораторные испытания рельсового ускорителя (рельсотрона) — устройства для разгона практически любых небольших объектов до скорости в несколько раз превышающей скорость звука.

Рельсовый

ускоритель состоит из батареи конденсаторов, подсоединенной к двум параллельным



прямым проводникам — «рельсам», замыкаемым между собой скользящим по ним проводящим «снарядом» (см. рис.). В процессе разрядки конденсаторов через «снаряд» возникает ток, создающий магнитное поле. Взаимодействие магнитного поля с током в «снаряде» и приводит к его движению. Вся система спроектирована так, чтобы скорость «снаряда» на выходе из рельсотрона была максимально возможной. Оценить массу «снаряда» в предположении, что «снаряд» во время своего движения находится в однородном магнитном поле величиной 1,5 Тл, направленном перпендикулярно рельсам. Расстояние между рельсами равно 10 см, энергия, накопленная в батарее конденсаторов при напряжении 1 кВ, равна 60 МДж, кинетическая энергия «снаряда» при вылете из рельсотрона составляет 36 МДж. Индукционными токами в рельсотроне пренебречь, индуктивность цепи считать постоянной, а электрическое сопротивление — незначительным.