

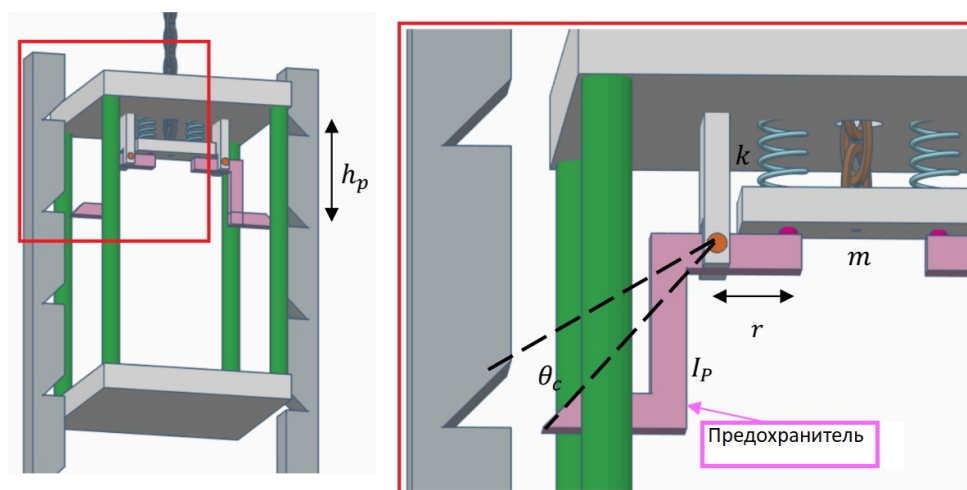
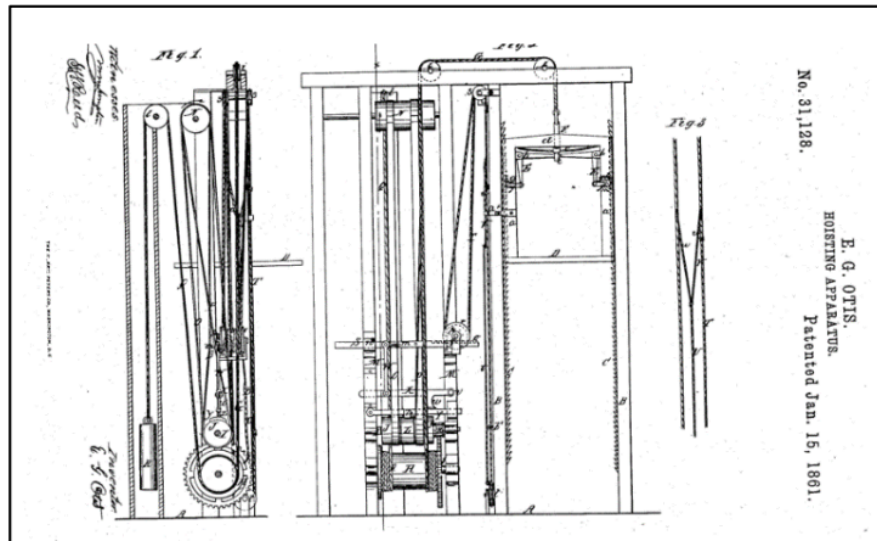


В 1854 году на Всемирной выставке в Нью-Йорке Элиша Отис под аплодисменты публики впервые продемонстрировал механизм страховки своего лифта. Элиша поднялся на лифте на высоту четвертого этажа, а его помощник тем временем отрезал трос, который держал лифт — все это пока сам Элиша находился внутри лифта! К счастью, механизм страховки сработал и лифт остановился после короткого падения. Механизм страховки таким образом несколько раз подряд спас жизнь своего изобретателя.

В этой задаче мы рассмотрим два механизма страховки лифтов.

Часть А. Экстренный тормоз

Та часть, которую столь драматически демонстрировали на выставке, являлась экстренным тормозом.



Принцип действия механизма:

В нормальном состоянии трос, который держит лифт, сильно натянут и сжимает две пружины (каждая с коэффициентом упругости $k = 30 \text{ кН/м}$).

Когда трос отрезан, пружины освобождаются и балка весом $m = 10 \text{ кг}$, опускается вниз относительно лифта. Она, в свою очередь, заставляет предохранители повернуться так, что их концы встают в углубления в рельсах по обе стороны лифта. Углубления расположены на одинаковом расстоянии $h_p = 0.15 \text{ м}$ по всей высоте рельсов. Момент инерции каждого предохранителя (относительно оси вращения) $I_p = 3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Расстояние от оси до точки давления на предохранитель со стороны балки $r = 0.3 \text{ м}$. Для того чтобы предохранитель пришёл в углубление напротив, он должен повернуться на угол $\theta = 6^\circ$ от изначального состояния.

Если предохранитель был бы повернут на угол $12^\circ = 2\theta \ll 90^\circ$, то пружины были бы полностью нерастянуты.

Масса пустого лифта $M = 300 \text{ кг}$, а масса Отиса вместе с его пожитками $m_1 = 200 \text{ кг}$.

Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.

A1 ^{2.00} Лифт покоится, Отис внутри. В некоторый момент трос перерезают. На какую максимальную высоту Δu упадет лифт до тех пор, пока механизм страховки не сработает не остановит лифт?

A2 ^{1.50} Рассмотрим другую ситуацию: трос не перерезается, но передача от него к двигателю ломается. Это приводит к тому, что сила натяжения меньше, чем сила, удерживающая лифт в состоянии покоя. Каково максимальное ускорение a_1 , с которым лифт будет падать вниз в такой ситуации? (Отис все еще внутри).

A3 ^{0.50} Каково максимальное ускорение a_2 , с которым лифт будет двигаться, в случае, если лифт пуст?

Часть В. Регулятор скорости

Из предыдущих пунктов ясно, что лифт следует снабдить дополнительными средствами защиты от падения с большой скоростью. Регулятор скорости и есть тот механизм, который предоставит соответствующую защиту.

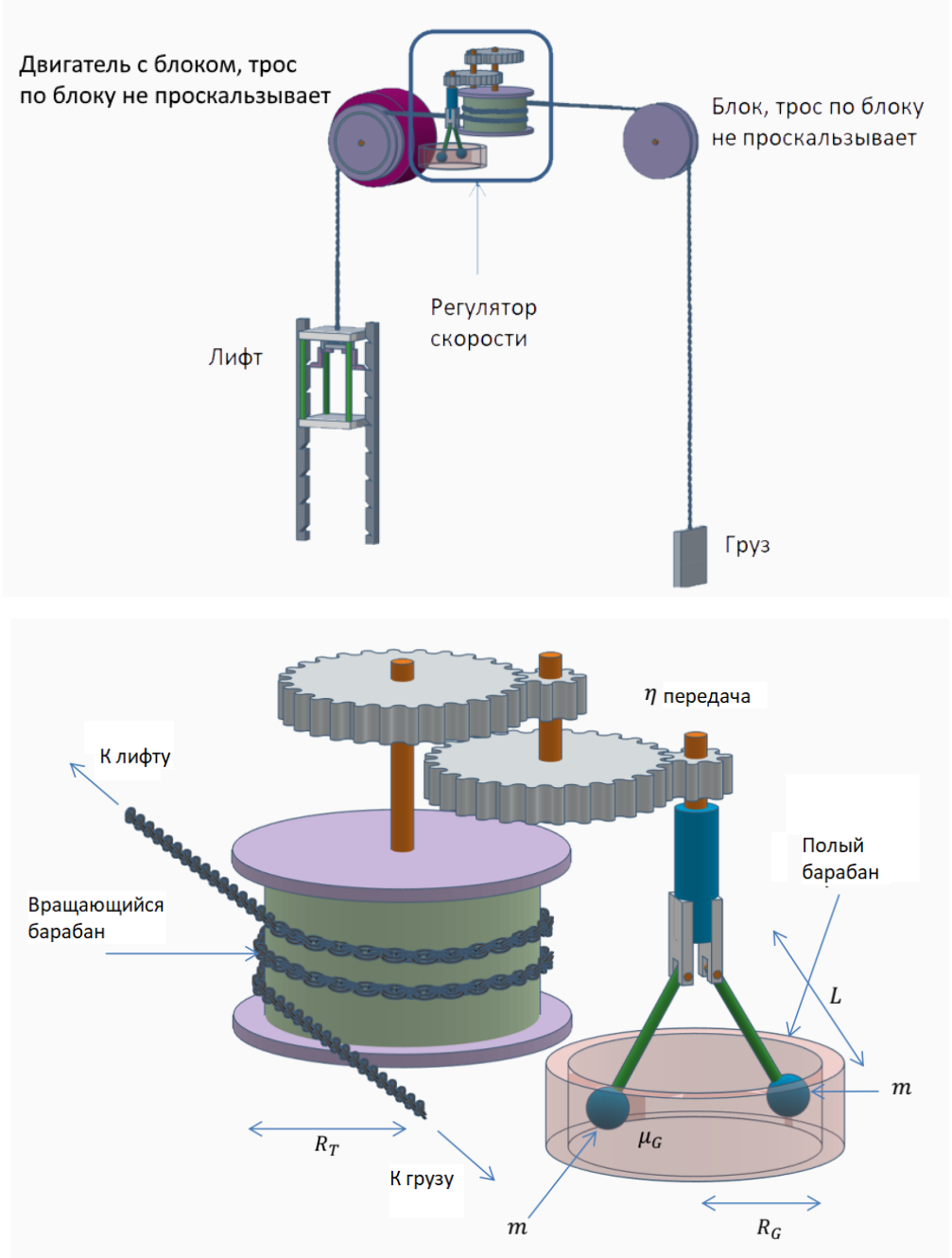
Ниже данные для параметров изображенных на рисунке:

$R_T = 1.1 \text{ м}$, $R_G = 0.4 \text{ м}$, $\mu_G = 0.3$, $L = 0.5 \text{ м}$, $m = 12 \text{ кг}$, $\eta = 6$.

Регулятор скорости состоит из нескольких частей:

- Вращающийся барабан , на который наматывается трос. С одной стороны на тросе подвешен лифт, а с другой - уравнивающий груз. Барабан очень шершавый так что нет проскальзывания между ним и тросом.
- Передача с передаточным отношением η , которая связывает вращающийся барабан с быстро вращающейся осью.
- Быстро вращающаяся ось, на ней шарнирно закреплены два штифта (стержня) с грузами на нижних концах. Штифты могут откидываться от оси в зависимости от угловой скорости, с которой они движутся.
- Полый барабан внутри которого вращаются штифты.

Передача создает ситуацию, при которой грузы движутся с большей угловой скоростью, чем скорость вращения вращающегося барабана. Скорость достаточно высока, для того чтобы грузы раскрывались и касались внутренних стенок барабана и трение между грузами и барабаном способно регулировать скорость лифта, чтобы она не была слишком большой.



- B11.00

Запишите выражение и вычислите критическую скорость движения лифта v_0 , при которой грузы регулятора скорости будут касаться барабана.
- B21.00

Вычислите наибольшую скорость v_{max} , при которой лифт может двигаться против регулятора, когда лифт полностью загружен, уравнивающие грузы отключены и двигатель тоже отключен.

Часть С. Потребление энергии

Современные лифты предназначены для работы с наименьшим, насколько это возможно, потреблением электроэнергии. Исследуем потребление энергии лифтом в современном офисном здании.

Высота здания $H = 43$ м.
 Масса пустого лифта $M_E = 800$ кг, дополнительно лифт способен нести максимум $M_{max} = 1200$ кг.

Номинальная скорость движения лифта $v = 1.25$ м/с, номинальное ускорение лифта $a = 1.0$ м/с² Масса уравнивающего груза $M_c = 1300$ кг.

КПД электрического двигателя лифта $\eta = 0.83$.

- C11.00

Какова максимально потребляемая мощность двигателя P_{max} , который приводит в движение лифт?

Часть времени, когда лифт движется в течение суток $D = 10\%$.
 Для простоты примем что половину времени лифт едет полностью загруженный, а половину времени — пустой. За каждую поездку лифт проезжает всю высоту здания, количество подъемов равно количеству спусков.
 В этой модели лифт работает исключительно как потребитель энергии, то есть торможение он производит с помощью тормозов, которые превращают всю кинетическую энергию от движения лифта в тепло. Также, когда лифт спускается полным, двигатель не поставляет электричество, но тормоза должны работать и во время спуска.

- C21.00

Каково среднее потребление мощности P_{avg} двигателем лифта в сутки?

Средний тариф за электричество: $\frac{C}{E} = 6 \frac{\text{руб}}{\text{кВт}\cdot\text{ч}}$.

СЗ^{1.00}

Какая сумма C_{mon} за работу лифта будет фигурировать в ежемесячном счете за электричество этого здания?

Для того чтобы уменьшить эти расходы, можно приобрести лифт с системой аккумуляции энергии (например с батареей, маховым колесом, суперконденсаторами), которые позволят тратить меньше энергии. В такой системе электрический двигатель, который приводит лифт в движение будет выступать в качестве генератора в ситуации, когда механическая энергия лифта уменьшается (например когда лифт спускается при полной загрузке). КПД генератора равен КПД электрического двигателя: $\eta_{gen} = \eta = 0.83$.

С4^{1.00}

Получите оптимистическую оценку месячной стоимости C_1 эксплуатации экономной модели лифта.

Т

Механика

Динамика

2020

Сборы XY

X

Вращательное движение

Заимствование

Блоки



Website in English