

МОДИФИКАЦИЯ ЭЛЕКТРОТЕЛЕЖКИ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ БОЛЬШИХ ОБЪЁМОВ ГРУЗА

Красило М.С., Назаров А.А., Гурин И.В.

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: увеличение перевозимой способности, уменьшение затрат, модификация транспортного средства.

Аннотация. В данной статье проводится исследование возможности модификации транспортной электротележки силами сотрудников предприятий, для увеличения объемов перевозимого груза.

MODIFICATION OF ELECTRIC CART FOR TRANSPORTATION OF LARGE VOLUMES OF CARGO

Krasilo M.S., Nazarov A.A., Gurin I.V.

Don state technical university, Rostov-on-don

Keywords: increase in carrying capacity, cost reduction, modification of the vehicle.

Abstract. This article investigates the possibility of modification of transport electric vehicles by employees of enterprises to increase the volume of cargo transported.

В условиях современного производства на крупных машиностроительных предприятиях и больших логистических комплексах, требуются множественные перевозки для доставки материалов и заготовок из складских помещений в цех обработки, из цеха обработки в цех сборки и из складской зоны в зону отгрузки. На предприятиях для этих целей используются компактные транспортные электротележки или электротягачи по ряду их достоинств, таких как:

- 1) низкая цена обслуживания;
- 2) экологичность данного транспорта, по сравнению с аналогичным на ДВС;
- 3) более высокий КПД у электродвигателей, относительно ДВС;
- 4) высокая грузоподъемность при небольших размерах.

Но при этом, последний плюс является и крупным недостатком. Опираясь на ГОСТ Р 51005-96 (Услуги транспортные. Перевозки грузов. Номенклатура показателей качества) транспортные компании обязаны при перевозке грузов соблюдать условия статей 4 и 5 данного ГОСТа. Для соблюдения данных статей, а так же ускорения погрузочно-выгрузочных работ, на производствах материалы, заготовки и детали грузят на плоские деревянные поддоны (ГОСТ 33757-2016) и заматывают полиэтиленовой пленкой. Это необходимо, чтобы избежать воздействия погодных условий, на обработанных, но не покрашенных (лакированных) деталях, потери незакрепленных составных частей конструкции и т.д. Поэтому электротележки зачастую используются не на максимум их возможностей, и перевозки по времени могут затягиваться, что тянет за собой излишние расходы. При этом можно сократить расходы при помощи увеличения площади погрузочной зоны тележки за счёт создания второго яруса над погрузочной площадкой. Т.к. заводы изготовители не предусматривают данной функции изначально, мы рассмотрим возможность создания данной модификации с нуля в заводских условиях.

Для примера модернизации взята электротележка Сарапульского электрогенераторного завода, модель ЕТ2012. По нормам ПДД груз не должен выступать более чем на 0,4 м по ширине за указанные заводом изготовителем размеры, поэтому вынесение на 60 мм за габариты не является критичным. Предлагаемая конструкция представляет из себя сборно-разборную систему, состоящую из деталей 3 типов. Все детали изготавливаются из максимально распространённых заготовок (стальные трубы и уголки) и доступны в изготовлении человеку, имеющему среднепрофессиональные навыки.

Первая деталь (рисунок 1) представляет собой отрезок, круглой в сечении стальной трубы, диаметром 60 мм и с толщиной стенок 2 мм, данная деталь, в количестве 4 штук, крепится по углам грузовой площадки тележки с помощью сварки. В детали предусмотрено сквозное отверстие, диаметром 10 мм, необходимое для болтового соединения с остальными элементами конструкции. Крепить деталь следует так, чтобы сквозное отверстие было параллельно корпусу.

Следующая деталь является опорной и выполнена из стальной трубы диаметром 51 мм и толщиной стенок 3 мм, длинна данной детали 1600 мм, с нижней стороны, на расстоянии 75 мм, расположено отверстие диаметром 10 мм. С противоположной стороны, на расстоянии 140 мм имеется отверстие диаметром 10 мм, перпендикулярно относительно нижнего отверстия.

Третья деталь (рисунок 2) представлена сочетанием двух сварных элементов, первый из них это отрезок трубы диаметром 60 мм и с толщиной стенок 2 мм, с отверстием в 10 мм, второй элемент является стальным уголком со сторонами 30x30 мм и толщиной 2 мм и длиной 2025мм.

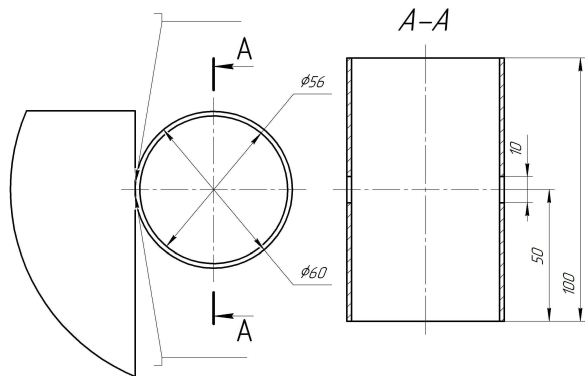


Рис. 1. Нижняя крепежная деталь

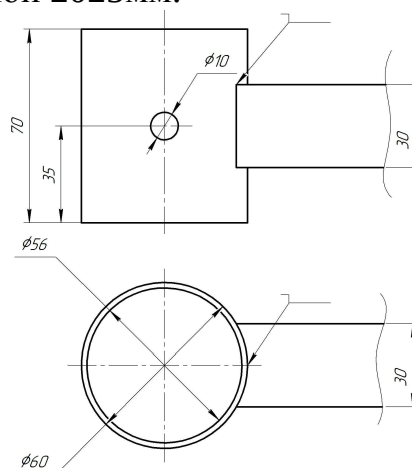


Рис. 2. Верхняя крепежная деталь с уголком

Скреплять между собой детали предлагается «барашковыми» гайкой и винтом М10х70, для ускорения монтажных работ.

Теперь проведём расчёты, чтобы выяснить возможность использования данной конструкции. Т.к. нам известна тележка, то используем её ТТХ, находящиеся в свободном доступе.

Найдём ускорение, т.к. средняя скорость перемещения тележки равна 10 км/ч (2,8 м/с), а тормозной путь при данной скорости и без нагрузки равняется 3,1 м, то мы можем найти ускорение торможения тележки: из формулы перемещения при равноускоренном движении $S = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2a}$ найдём ускорение

$a = \frac{v_1^2 - v_0^2}{2S}$ подставляем наши значения и получаем ускорение торможения равное $-1,26 \text{ м/с}^2$.

Данные значения взяты вне цеха или складского помещения, в таких помещениях действует ограничение по скорости в 5 км/ч ($1,4 \text{ м/с}$).

Зная величину ускорения, рассчитаем силу инерции, действующую на ненагруженную тележку на прямолинейном участке движения. Сила инерции задается согласно второму закону Ньютона $F = -m \cdot a$, отрицательной она будет из-за противоположной направленности ускорению торможения.

$$F = 1550 \text{ кг} \cdot 1,26 \text{ м/с}^2 = 1953 \text{ Н}.$$

Рассчитаем центробежную силу инерции при поворотах, учитывая, что радиус поворота $R = 3,25 \text{ м}$ и скорость на повороте будет приблизительно в 2 раза меньше, т.е. $v = 1,35 \text{ м/с}$, по формуле $F = mv^2 / R$:

$$F = 1550 \text{ кг} \cdot (1,35 \text{ м/с})^2 / 3,25 \text{ м} = 869,19 \text{ Н}.$$

Далее найдем вес конструкции. Для этого нам надо объем имеющихся труб и уголков умножить на плотность стали СТ5 (7850 кг/м^3). Произведя расчеты поперечных сечений труб по формуле $S = \frac{\pi(D_n^2 + D_g^2)}{4}$, где D_n – наружный диаметр, а D_g – внутренний диаметр, подставим данные значения в формулу объема $V = S \cdot L$, получаем $V = \pi(D_n^2 + D_g^2) \cdot L / 4$, где L длина детали, и получим значения и проводим последнюю замену в формулу массы $m = \rho \cdot V$, получаем $m = \rho \cdot \pi(D_n^2 + D_g^2) \cdot L / 4$. Подставим в получившуюся формулу наши числовые значения и выясним массу каждой детали:

- для нижней крепёжной детали $m = 0,285 \text{ кг}$,
- для верхней крепёжной детали $m = 0,215 \text{ кг}$,
- для опорной детали $m = 5,32 \text{ кг}$,
- для поперечного уголка $m = 1,516 \text{ кг}$.

Просуммируем массы, с учетом количества деталей каждого вида:

$$4 \cdot 0,285 + 4 \cdot 0,215 + 4 \cdot 5,32 + 2 \cdot 1,516 = 26,312 \text{ кг}.$$

Общую массу конструкции мы находили для пересчета значений инерции и определения, возможности использования данной конструкции на тележке ЕТ 2012, новая масса которой получается $m = 1576,312 \text{ кг}$.

Сила инерции задается согласно второму закону Ньютона $F = -m \cdot a$, отрицательной она будет из-за противоположной направленности ускорению торможения.

$$F = 1576,312 \text{ кг} \cdot 1,26 \text{ м/с}^2 = 1986,15 \text{ Н}.$$

Рассчитаем центробежную силу инерции при поворотах, учитывая, что радиус поворота $R = 3,25 \text{ м}$, по формуле $F = mv^2 / R$:

$$F = 1550 \text{ кг} \cdot (1,35 \text{ м/с})^2 / 3,25 \text{ м} = 883,95 \text{ Н}.$$

При сравнении полученных результатов, можно увидеть, что данная конструкция незначительно повлияет на величину инерции, а значит такую конструкцию можно использовать без опасений.

Далее проведём расчёт на изгиб, возникающий при торможении с ускорением $1,26 \text{ м/с}^2$ и грузом в 500 кг , но т.к. сила будет действовать сразу на

две балки, то полученные полученное значение силы разделим на 2.

На рисунке 3 показаны схема воздействия нагрузки на конструкцию, эпюры поперечных сил и изгибающего момента.

Расчёт: $\sum M_A = 0, M - R_A \cdot a = 0$, отсюда $R_A = \frac{M}{a} = \frac{0,41}{1,3} = 0,315 \text{ кН};$

$\sum M_B = 0, M - R_B \cdot a = 0$, отсюда $R_B = \frac{M}{a} = \frac{0,41}{1,3} = 0,315 \text{ кН}.$

Найдём значения поперечных сил в ключевых точках:

$Q_1 = R_A = 0,315 \text{ кН}, Q_2 = R_A = 0,315 \text{ кН}, Q_3 = R_B = 0,315 \text{ кН},$

$Q_4 = R_B = 0,315 \text{ кН}, Q_5 = 0 \text{ кН}.$

Найдём значения поперечного момента:

$M_{1,2} = M - R_B \cdot 1,3 = 0 \text{ кНм}, M_{3,4} = M = 0,41 \text{ кНм}, M_5 = 0 \text{ кНм}.$

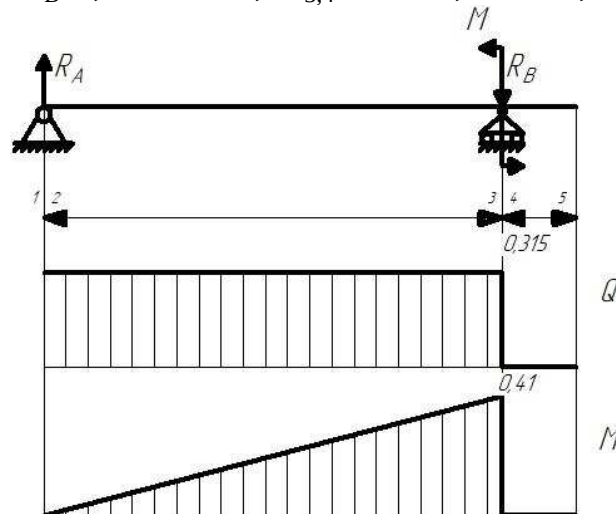


Рис. 3. Схема воздействия нагрузки на конструкцию

Чтобы конструкция выдержала воздействие вращательного момента должно выполняться условие: $[\sigma] \geq \sigma$.

$[\sigma] = 500 \text{ МПа}, \sigma = 464,67$, условие выполняется, значит конструкция обладает достаточной прочностью.

Из всех расчётов можно сделать вывод, что такая конструкция сможет выдерживать нагрузки до 500 кг, при этом она будет дешева и проста в изготовлении, что является её главными положительными сторонами. Поэтому можно сделать вывод, что польза от такой конструкции есть.

Список литературы

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: в 3 т. – 9-е изд, перераб. и доп. / под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2006.
2. Гурин В.В., Тихонов В.В. Механика. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 366 с.

Сведения об авторах:

Красило Михаил Сергеевич – студент ДГТУ, г.Ростов-на-Дону;

Назаров Александр Александрович – студент ДГТУ, г.Ростов-на-Дону;

Гурин Илья Васильевич – студент ДГТУ, г.Ростов-на-Дону.