

УДК 622.625.6

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ НА МОНОРЕЛЬС  
МОБИЛЬНОЙ ПОДВЕСНОЙ ДОРОГИ**

А.А. Воронянский

ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет»

*Разработана конструкция мобильной подвесной монорельсовой дороги. Предложена методика для определения фактической нагрузки на монорельс и тележки подобной дороги. Промышленное использование предлагаемой разработки позволяет сократить время доставки грузов при проведении монтажных, строительных и спасательных работ.*

*Ключевые слова: монорельсовая дорога, тележка, нагрузка, методика.*

*The design of the mobile suspended monorail was developed. A technique is proposed for determining the actual load on a monorail and trucks. Industrial use of the proposed design allows you to reduce the time of delivery of goods during installation, construction and rescue works.*

*Key words: monorail, truck, load, methods.*

Подвесные монорельсовые дороги находят применение как транспортное средство для вспомогательных грузов и людей. Они позволяют транспортировать грузы массой более 4 тонн по трассам с углами до  $\pm 35^\circ$ . Основу дороги составляет подвесной монорельс и подвижной состав. В ходе движения тележек подвижного состава (ПС) по монорельсу происходят различные нагружения и колебания отдельных частей. При этом максимальные значения действующих нагрузок могут существенно превышать их расчетные значения [1-3].

Исследованием подвесных монорельсовых дорог посвящены работы [4-11]. Проектированием подобного вида транспорта занимались организации и предприятия ВНИИПМАШ, Донгипроуглемаш, МГИ, МакНИИ, Becker, SHARF и Ferrit. Однако в указанных работах отсутствуют сведения о расчетных схемах и математических моделях мобильных подвесных монорельсовых дорог, которые позволяют оперативно осуществлять перевозки при выполнении монтажных, строительных и спасательных работ.

На кафедре «Горнозаводской транспорт и логистика» Донецкого национального технического университета предложена конструкция мобильной подвесной монорельсовой дороги, общий вид которой приведен на рис. 1.



Рисунок 1 – Общий вид мобильной подвесной монорельсовой дороги:  
1 – монорельс; 2 – проушина отрезка монорельса; 3 – горизонтальные балки;  
4 – стойка; 5,6 – горизонтальная и наклонная связи; 7 – тележка

За основу дороги взят монорельс из двутавровой балки с такими характеристиками: полная высота - 160 мм, ширина - 81 мм, толщина вертикальной стенки - 5 мм. Погонная масса составляет 16,0 кг. Длина отрезка монорельса может составлять 2,0, 2,6 или 3 м. Каждый конец отрезка монорельса 1 имеет проушины 2, которые соединяют и подвешивают к раме с горизонтальными балками 3. Рама состоит из стоек 4, выполненных из унифицированного профиля для стеллажных систем и соединенных между собой горизонтальными 5 и наклонными 6 связями из квадратного трубчатого профиля. При этом две рамы фиксируются между собой верхней и нижней парами горизонтальных балок. Все указанные элементы мобильной подвесной монорельсовой дороги соединяются с помощью болтов и быстроразъемных зажимов, что позволяет оперативно ее переносить на новое место использования.

Как показали исследования, проведенные на твердотельной модели мобильной подвесной монорельсовой дороги с использованием системы SolidWorks, предложенная конструкция позволяет выдерживать нагрузку до 20 кН/м. При этом фактическую

нагрузку следует определять с помощью методики, приведенной ниже.

Рассмотрим схему подвесного монорельсового пути, представленную в виде составных шарнирных двутавровых балок, расположенных на двух уровнях (рис. 2). Здесь показано, что каждая балка для соответствующего уровня выполнена как однопролетная и является статически определимой. Длина балки равняется шагу подвески монорельса  $L_n$ . На этой схеме расстояние между тележками, в том числе и жесткая база любой подвижной единицы, обозначены как  $2l_k$ .

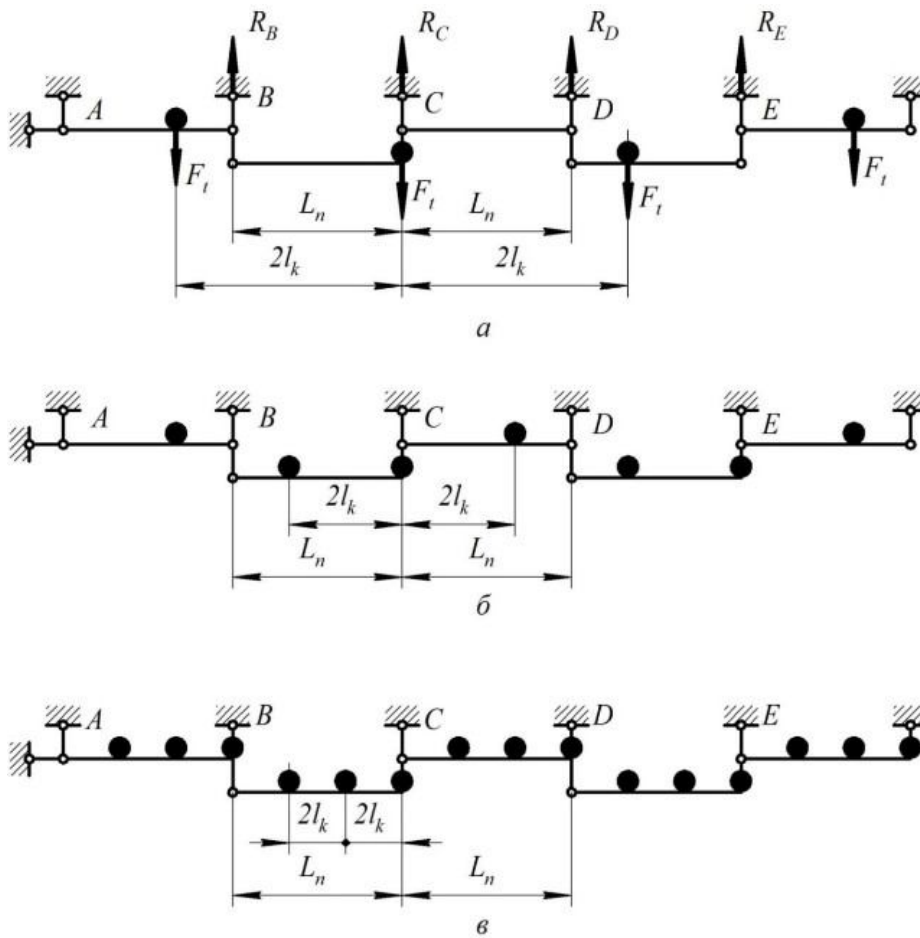


Рисунок 2 – Расчетная схема для определения статических нагрузок на подвес монорельсового пути:

$$а - 2l_k \geq L_n ; б - L_n / 2 \leq 2l_k < L_n ; в - \frac{L_n}{3} \leq 2l_k < \frac{L_n}{2}$$

Обычно каждая подвижная единица дороги имеет по две тележки. Если считать расположение груза симметричным, то на каждую тележку приходится статическая нагрузка  $F_i = m_i g / 2$ . Под действием этих нагрузок, передаваемых от тележек и воздействующих

на монорельс, возникают опорные реакции в подвесках. В общем случае на подвес сопрягаемых секций монорельса будет действовать наибольшее статическое усилие  $R_t = k_t F_t$ , где  $k_t$  – коэффициент, учитывающий схему нагружения подвеса и количество тележек на сопрягаемых секциях монорельса.

Если  $2l_k \geq L_n$  (рис. 2 а), то коэффициент  $k_t = 1$  и наибольшая статическая нагрузка на подвес составляет  $F_t$ . Причем это относится как для одиночной единицы ПС, так и для нескольких единиц, воздействующих на сопрягаемые секции монорельса и их подвес.

Рассмотрим рис. 2 б. Если  $L_n / 2 \leq 2l_k < L_n$ , то для одной подвижной единицы, указанный коэффициент возможно принимать равным:  $k_t = 2(1 - l_k / L_n)$ .

Проведенные расчеты показывают, что для подвижного состава, состоящего из нескольких единиц, когда  $L_n / 2 \leq 2l_k < L_n$ , на каждой из сопрягаемых секций монорельса может находиться одновременно две или три тележки. При этом необходимо учитывать их одновременное действие на подвес и коэффициент  $k_t$  следует определять как  $k_t = 4(1 - l_k / L_n)$ .

Когда  $L_n / 3 \leq 2l_k < L_n / 2$  (рис. 2 в), то на каждой из сопрягаемых секций монорельса может находиться три или четыре ходовые тележки. Для этого случая коэффициент  $k_t$  будет равен  $k_t = 6(1 - 2l_k / L_n)$ .

Следует отметить, что при несимметричной загрузке подвижной единицы или когда расстояния между тележками отличаются, наибольшее усилие на подвес может быть найдено по формуле:

$$R_t = F_{pa1} \left( 1 - \frac{l_{pa1}}{L_n} \right) + F_{pa2} \left( 1 - \frac{l_{pa2}}{L_n} \right),$$

где  $F_{pa1}$  – равнодействующая сил тяжести частей подвижной единицы, приходящихся на первую по ходу движения сопрягаемую секцию монорельса;  $F_{pa2}$  – равнодействующая сил тяжести частей подвижной единицы, приходящихся на вторую по ходу движения сопрягаемую секцию монорельса;  $l_{pa1}, l_{pa2}$  – наименьшее расстояние между соответствующими равнодействующими сил тяжести частей ПС и точкой подвеса сопрягаемых секций монорельса. Указанная выше зависимость относится для дорог, подвижные единицы которых имеют малую жесткую базу ( $2l_k < L_n / 3$ ).

**Выводы.** Таким образом, предложенная методика может быть использована для определения фактической нагрузки на монорельс мобильной подвесной дороги. Промышленное использование предлагаемой разработки позволяет сократить время доставки грузов при проведении монтажных, строительных и спасательных работ.

#### **Список литературы**

1. Петренко О.С. Подвесные рельсовые дороги / О.С. Петренко. – Москва: Машиностроение, 1981. – 272 с.
2. Ширин Л.Н. Повышение эффективности работы монорельсовых дорог при подготовке запасов угля к очистной выемке / Л.Н. Ширин, В.А. Расцветаев, А.И. Коваль. – Днепропетровск: НГУ, 2014. – 144 с.
3. Гутаревич В.О. Динамика шахтных подвесных монорельсовых дорог / В.О. Гутаревич. – Донецк: ЛАНДОН-XXI, 2014. – 205 с.
4. Баус-Нойфанг Б. Подвесные и напочвенные дизель-гидравлические локомотивы для перемонтажей механизированных комплексов «тяжелого» класса / Б. Баус-Нойфанг, Д.В. Великанов, Ю. Русинек // Уголь. – 2011. – № 2. – С. 19–21.
5. Гутаревич В.О. Динамическая нагруженность монорельсовых тележек и подвесного пути / В.О. Гутаревич // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2015. – № 4. – С. 85-88.
6. Теоретические основы и расчеты транспорта энергоемких производств / В.А. Будишевский [и др.]. – Донецк: ГОУВПО «ДонНТУ», 2017. – 216 с.
7. Gutarevych V.O. Mathematical modeling of end carriage motion on the overhead monorail / V.O. Gutarevych // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – № 5. – P. 52-56.
8. Gutarevych V.A. Mathematical Model Study of Suspended Monorail / V. Gutarevych // Transport Problems. – 2012. – Vol. 7, Iss. 3. – P. 61-66.
9. Gutarevych V. Research of Regularities of Suspended Mine Monorail Motion / V. Gutarevych // Mechanical Testing and Diagnosis. – 2014. – Vol. 1 (IV). – P. 12–17.
10. Research on the Influence of Dynamic Load on Suspended Monorail / V. Gutarevych [et al.] // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 806. – P. 23–29.
11. Gutarevych V.O. Mathematical Modeling of End Carriage Motion on the Overhead Monorail / V.O. Gutarevych // Metallurgical and Mining Industry. – 2014. – № 5. – P. 52–56.