

Егер жолушыларға қызмет көрсету үшін жылжымалы құрамдардың тек үлкен сымдылығы ғана алынатын болса, онда нәтижесінде қозғалыс интервалы артады және сәйкесінше жолаушылардың күтуге жұмсалатын уақыт шығыны артады.

Егер тасымал жасауда жылжымалы құрамдардың өте кішкентай және кішкентай сымдылығын қолданса, онда маршрутталған қалалық жолаушылар көлігінің басқа түрлерімен салыстырғанда жолаушылардың күтуге (жылжымалы құрамдар арасындағы интервалдың аз болуына байланысты) және орын ауыстыруға (жылдамдықтың жоғары болуынан) жұмсайтын уақыт шығыны аз болады. Бірақ осыған қарамастан осындай типті маршрутта аз көлемде тасымал жасау қабілетіне байланысты ірі қалада жолаушылар ағынын толық игеру көп жағдайда мүмкін болмайды. Алайда айта кету керек, жолаушыға тасымал жасауда бас тарту мүмкіндігінің артуына байланысты күтуге жұмсалатын уақыт шығыны артуы мүмкін.

Әдебиеттер

1. Герами В.Д. Организация и управление городскими пассажирскими перевозками: Учеб.пособ./ В.Д.Герами, Г.В.Духаревич. - М.: МАДИ, 1994. - 144 с.
2. Мун Э.Е. Организация перевозок пассажиров маршрутными такси /Э.Е. Мун, А.Д.Рубец. - М.: Транспорт, 1986. – 136 с.
3. Отчет акимата г. Караганды «Изучение объемов пассажирских перевозок и расчет затрат перевозчиков города Караганды».

УДК 004.942

А.А. АЙКЕЕВА, К.М. МАХАНОВ, К.С. РОГОВАЯ,
А.Р. ТАНСКОЖАНОВА*, А.Е. АЮБЕКОВА, Е.М. ТЕЛМАН,
Ж. НҰРАДИНҰЛЫ

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ СКИПА ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Карагандинский государственный университет имени академика Е.А.Букетова,
Караганда, Казахстан
E-mail докладчика: aika_3093@mail.ru

This work directed to develop a mathematical model of skip motion in the electromagnetic lifting unit. In its operation the regularities of dynamic lifting forces has been installed. Conducting virtual experiments, the values of the main parameters of elements of electromagnetic lifting unit was obtained. Design scheme for skip motion was developed. The parameters of the center lifting force and the magnetic lift force was defined.

Явление магнитной левитации, на основе которого разрабатывается электромагнитная подъемная установка, ранее для транспортировки горной массы нигде в мире не применялась, и создание данной установки влечет внедрение новой инновационной технологии транспортировки как горной

массы в горнодобывающей промышленности, так и в других отраслях для подъема и транспортировки грузов. Магнитная сила – это результат функциональной зависимости между величинами расстояния воздушного зазора между электромагнитом на скипе и электромагнитом на направляющем устройстве и током в обмотке электромагнитов [1]. Сила может быть определена с помощью уравнения Максвелла, но из-за использования металлического сердечника, действующая на него сила является сложной функцией геометрии электромагнита, так как нужно учитывать количество металла в электромагните скипа и электромагнитах направляющей, а также присущий им гистерезис. Гистерезисом называют явление зависимости вектора намагничивания и вектора напряжённости магнитного поля в веществе не только от приложенного внешнего поля, но и от собственных свойств вещества. Нелинейные функции взаимодействия электромагнитов могут быть аппроксимированы, при этом магнитная сила будет прямо пропорциональна квадрату тока, протекающего в обмотке электромагнита и обратно пропорциональна квадрату расстояния зазора между электромагнитом на скипе и электромагнитом на направляющем устройстве. скипа [2]. Таким образом:

$$f(z, I) = K \frac{1}{z^2} I^2,$$

где $f(z, I)$ - функция магнитной силы;
 z – расстояние воздушного зазора между электромагнитом на скипе и электромагнитом на направляющем устройстве;
 I – ток в обмотке электромагнитов;
 K – коэффициент пропорциональности.

Используя второй и третий законы Ньютона, мы можем задать уравнение движения скипа. По третьему закону Ньютона, силу движения скипа следует приравнять к модулю суммы динамической подъемной силы и магнитной силы. Если мы предполагаем, что масса скипа - m , и ускорение свободного падения - g , то математическая модель при подъеме будет определена следующими дифференциальными уравнениями движения:

$$m(a + g) = f(z(t), I(t)) + F_d(t)$$

где a – ускорение движения скипа в вакууме;
 F_d – динамическая подъемная сила.

Выразим ускорение как производную скорости. Тогда:

$$\frac{d}{dt} v(t) + g = \frac{f(z(t), I(t))}{m} + \frac{F_d(t)}{m},$$

где $\frac{d}{dt}v(t)$ – производная скорости движения скипа.

Подставив предыдущее выражение функции магнитной силы, мы получаем уравнение движения скипа:

$$\frac{d}{dt}v(t) + g = \frac{KI^2(t)}{z^2(t)m} + \frac{F_d(t)}{m}.$$

Используя данное уравнение, выводим формулу определения воздушного зазора:

$$z(t) = \sqrt{\frac{KI(t)^2}{\left(\frac{d}{dt}v(t) + g - \frac{F_d(t)}{m}\right)m}}.$$

Во время проведения исследований было выявлено, что электромагниты на направляющих устройствах следует располагать под определенным углом. При определении данного параметра было принято выбрать угол наклона 35° . При данном угле параметр центра подъемной силы электромагнита становится больше параметра центра масс скипа и потому происходит динамический подъем. Такой угол расположения также применяется в аэродинамике. Когда закрылки самолета принимают такой угол наклона и развивают нужную скорость, из-за циркуляции воздуха происходит отрыв от земли и взлет. Магнитное поле в случае с электромагнитами работает по тому же самому принципу. Для магнитной левитации скипа необходимо расположить электромагниты направляющей под оптимальным углом.

На рисунке 1 показан пример геометрии скипа электромагнитной подъемной установки. Здесь электромагниты расположены на скипе по трем сторонам под углом 120° относительно друг друга, а также в стволе шахты под углом 35° относительно стен шахты и под углом также 120° относительно друг друга. На рисунке показано по 9 магнитов на каждой направляющей.

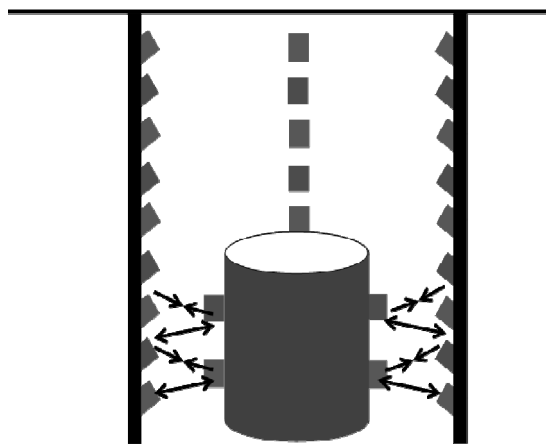
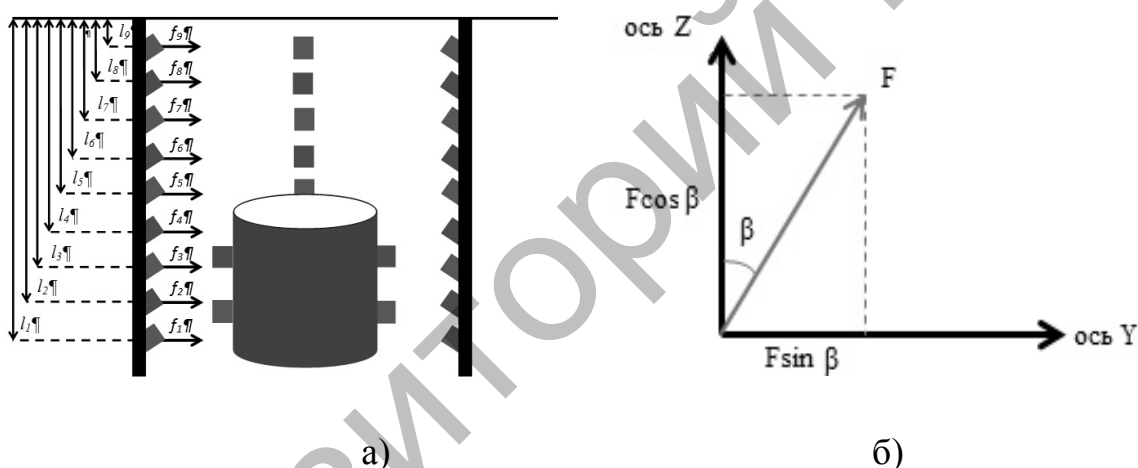


Рисунок 1 – Схема электромагнитной подъемной установки

Определим параметры центра подъемной силы электромагнитов. Мы рассматриваем скип в области YZ системы координат. Из-за угла наклона электромагнитов вертикальная сила, проецируемая по оси Z, задается параметром $F(\cos\beta)$ а горизонтальная сила, проецируемая по оси Y, задается параметром $F(\sin\beta)$, где β - это угол наклона подъемной магнитной силы, в нашем случае это 35° . Проекции подъемной магнитной силы представлены на рисунке 2(б).

Моменты сил и силы, создаваемые электромагнитами, зависят, конечно же, от геометрического расположения магнитов. Все магниты наклонены под углом 35 градусов. Для начала мы выражаем векторную силу для магнитов, а затем задаем параметры плечей силы для каждой степени свободы вращательных моментов. Силы и плечи системы электромагнитной подъемной установки представлены на рисунке 2(а). Геометрия указана по одной стороне скипа на примере девяти электромагнитов. Предполагается, что для других двух сторон направляющих плечи сил и силы идентичны. Такое условие необходимо для удерживания скипа в центре между тремя направляющими [3].



а) моменты сил и силы, создаваемые электромагнитами;
б) проекции подъемной магнитной силы на оси Y и Z

Рисунок 2 – Расчетная схема движения скипа электромагнитной подъемной установки

Задаем уравнения движения скипа. Для этого используем второй и третий законы Ньютона:

$$m \cdot a = \sum l_i \cdot F_{Mi},$$

где m – масса скипа;

a – ускорение скипа во время движения;

l_i – плечо силы;

F_{Mi} - подъемная магнитная сила.

Рассмотрим уравнение магнитной подъемной силы. Для начала выразим уравнение с учетом того, что электромагниты расположены перпендикулярно направляющей оси. В нашем случае уравнение будет составлено для одной оси, на которой находятся 9 электромагнитов. Для двух других осей уравнения будут идентичны. Предполагается, что каждый электромагнит при подъеме будет задавать скипу свою определенную отличную от нуля скорость:

$$F_{M_0} = \frac{m_e \cdot \frac{d}{dt} v_i}{n},$$

где F_{M_0} - магнитная подъемная сила электромагнитов, расположенных без угла наклона;

m_e – масса электромагнита;

$\frac{d}{dt} v_i$ - скорость подъема скипа каждого электромагнита;

n – количество электромагнитов на рассматриваемой оси.

Так как движение скипа осуществляется по оси Z , магнитная подъемная сила будет определена как произведение величины F_{M_0} на косинус угла наклона электромагнитов направляющей, отсюда уравнение магнитных моментов принимает вид:

$$m \cdot \frac{d^2}{dt^2} S = \sum l_i \cdot F_{M_{0i}} \cos \beta,$$

Таким образом, мы провели исследования и выявили параметр центра подъемной силы.

Литература

1. Айкеева А.А., Жаутиков Б.А., Роговая К.С., Жанасбаева А.С., Жаутиков Ф.Б., Мухтарова П.А. «Скип-электромагнит» жүйесінде математикалық модельді құрастыру // ХАОС и структуры в нелинейных системах теория и эксперимент: Материалы 9-ой международной научной конференции. - Караганда, 2015. – С.405-409.
2. Гаркуша Н.Г. Исследование устойчивости движения шахтного подъемного сосуда в проводниках жесткой армировки вертикального ствола и расчет рациональных параметров системы "сосуд - армировка": Автореф. дис. канд. техн. наук. - Днепропетровск, 1969.- 43 с.
3. Транспорт с магнитным подвесом / Под ред. Бочарова В.И., Нагорского В.Д.- М.: Машиностроение, 1991- 320 с.