

УДК 621.3

**ДВИЖЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ
ПОДУШКИ
MOVEMENT USING ELECTROMAGNETIC PAD**

Л.Ч. Вороник, М.О. Слизавский

Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

L. Voronik, M. Slizavsky

Supervisor – Y. Sukhodolov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация. изучены разные виды линейных двигателей и их принцип работы. Определены все преимущества и недостатки существующих левитационных транспортных систем. Сделаны выводы о возможностях будущего использования транспорта на электромагнитной подушке и их использования в повседневной жизни.

Abstract: studied different types of linear motors and their principle of operation. All the advantages and disadvantages of existing levitation transport systems are determined. Conclusions are drawn about the possibilities of the future use of transport on an electromagnetic cushion and their use in everyday life.

Ключевые слова: магнетизм, маглев, магнитная подушка.

Keywords: magnetism, maglev, magnetic pillow.

Введение

Явление магнетизма, магнетическая сила – известны людям с древних пор. Наука и теперь далеко не до конца выяснила природу магнетизма, его роль в жизни, однако сумела во множестве случаев использовать это явление. Проблема магнитной левитации на транспорте – сокращенно маглев – интенсивно исследуется уже в течение последних пятидесяти лет. Самое большое своё применение магнитная подушка нашла в железнодорожном транспорте. Поэтому представляется интересным подробнее познакомиться с этой технологией.

Основная часть

При выявлении перспектив магнитной подушки необходимо решить следующие задачи:

- изучить принципы работы магнитной подушки;
- изучить виды магнитной подушки;
- проанализировать существующие магнитные подушки, их преимущества и недостатки;
- выделить наиболее перспективные разработки магнитной подушки.

Постоянные магниты – это тела, длительное время сохраняющие намагниченность, то есть создающие магнитное поле. Основное свойство магнитов: притягивать тела из железа или его. Магниты бывают естественные и искусственные, представляющие собой намагниченные железные полосы.

Для движения транспорта на магнитной подушке используются линейные двигатели. Линейный двигатель – это электрическая машина, которая

предназначена для осуществления линейно направленного движения какого-либо объекта или рабочего органа.

В линейной машине обмотки движущейся катушки подключаются к источнику трёхфазного напряжения переменного тока, благодаря чему создается магнитное поле, движущееся прямо, эквивалентное вращающемуся полю в обычном синхронном двигателе. Постоянное магнитное поле, создаваемое магнитным путем, взаимодействует с переменным электромагнитным полем подобно тому, как это происходит в машине кругового вращения, в связи с чем, и возникает смещение движущейся катушки. При этом скорость движения поля, как и скорость самой движущейся катушки, определяется как:

$$V_S = 2 \cdot t \cdot f_s \text{ [м/с]} \quad (1)$$

где t – шаг полюсов, f_s – частота питающей сети.

Клаус Хальбах расположил постоянные магниты в виде блоков. Постоянные магниты были изготовлены из порошковой металлургии редкоземельных элементов из сплава неодим-железо-бор (NdFeB) с остаточной индукцией около 1,2 Тл.

Магнитные поля отдельных магнитов складываются, и результат удивителен: в нижней части этой системы магнитное поле очень сильное – оно достигает значения примерно до 1 Тл, тогда как в области в верхней части системы магнитное поле очень слабое. Размагничивающая часть их петли гистерезиса имеет остаточную индукцию $B_r = 1,0$ Тл и коэрцитивную напряженность магнитного поля $H_r = 800$ кА/м.

В транспортной системе Inductrack, в которой используется магнитная система Хальбах отношение массы магнитов системы Хальбаха к их левитационной силе составляет примерно 1:50.

Физическая природа Inductrack очень проста. Помимо системы постоянных магнитов Хальбаха используется система прямоугольных, так называемых левитационных катушек, соединенных коротко. Катушки левитации расположены с одной стороны в области чуть ниже нижней части системы Хальбаха и встроены в проезжую часть. А магнитная система Хальбаха связана с автомобилем. При движении автомобиля в катушках левитации индуцируются токи, магнитное поле которых взаимодействует с магнитным полем постоянных магнитов и отталкивает их. Сила левитации увеличивается со скоростью транспортного средства, пока не достигнет определенного предела. Это довольно много, около 40 т/м^2 активной поверхности магнитной системы Хальбаха, вес которой составляет всего около 800 кг/м^2 , т.е. одну пятидесятую веса левитирующего.

Поезд на магнитной подушке – это поезд, удерживаемый над полотном дороги, движимый и управляемый силой электромагнитного поля. В использовании находятся два типа маглевов на электромагнитной подвеске (EMS) и системе электродинамической подвески (EDS).

Маглевы имеют ряд других преимуществ по сравнению с обычными поездами. Они дешевле в эксплуатации и обслуживании, потому что отсутствие трения качения означает, что детали не изнашиваются быстро. Однако не следует

забывать, что самым большим препятствием для развития систем магнитной подвески является то, что они требуют совершенно новой инфраструктуры, которую нельзя интегрировать с существующими железными дорогами и которая также будет конкурировать с существующими автомагистралями, железными дорогами и воздушными маршрутами.

Заключение

Изучены принципы работы магнитной подушки и её использование в транспортных системах. Проанализированы преимущества и недостатки существующих поездов на магнитной подушке.

Таким образом, прослеживается перспективность использования транспорта на магнитной подушке и возможна будущая замена привычного транспорта. Вклад в эту сферу, безусловно, важен, т.к. в современном мире с каждым днем все больше растет роль стабильных, дешёвых в эксплуатации и обслуживании транспортных средств, коими уже являются маглев. А дальнейшее развитие, как уже показали новые разработки Inductrack и не только, продолжает увеличивать потенциал и маглев и увеличение сфер их использования.

Литература

1. Maglev transportation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.britannica.com/technology/maglev-train> – Дата доступа: 20.10.2022
2. Скоромец Ю.Г. Линейный двигатель на транспортном средстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://technology.snauka.ru/2012/08/1307> – Дата доступа: 20.10.2022
3. МАТЕРИАЛЫ XXI НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://bsac.by/sites/default/files/2021/stud_konf_2021.pdf – Дата доступа: 20.10.2022
4. Halbach Arrays [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kjmagnetics.com/blog.asp?p=halbach-arrays> – Дата доступа: 20.10.2022
5. Поезда на электромагнитной подушке [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://2balla.ru/poezda-na-elektromagnitnoi-podushke-poezda-na-magnitnoi-podushke.html> – Дата доступа: 20.10.2022