

УДК 622.647

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОНФИГУРАЦИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ

Павлюкевич Денис Андреевич, студент гр. ГЭс-191, IV курс  
Научный руководитель: Захаров А.Ю, д.т.н., профессор  
Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

### Введение

В настоящее время при разработке месторождений полезных ископаемых в мировой практике наблюдается расширение области использования конвейерного транспорта как наиболее эффективного по сравнению с автомобильным и железнодорожным транспортом. В данной работе представлено исследование изменений конфигурации магнитного поля постоянных магнитов, которые получаются с использованием постоянных магнитов ассиметричной формы и полюсников. Эти исследования могут послужить для создания системы подвеса конвейера на магнитной подушке на основе постоянных магнитов, так как ленточные конвейеры имеют ограниченный срок службы и высокую стоимость конвейерной ленты [1].

Целью данной работы является изучение конфигурации магнитного поля в воздушном зазоре постоянного магнита при воздействии на него с помощью других постоянных магнитов и полюсников, что впоследствии может помочь в создании системы подвеса конвейера на магнитной подушке с использованием постоянных магнитов.

В отличие от существующих решений, за счет системы подвеса конвейера на магнитной подушке с использованием постоянных магнитов, уменьшится потеря энергии на преодоление силы трения, которая пропорциональна массе перемещаемого объекта, увеличится срок службы ленточного полотна. При проведении патентного анализа выявлено, что в настоящее время данный подход актуален [2, 3].

### Теоретические положения

Магнит — тело, обладающее собственным магнитным полем. Простейшим и самым маленьким магнитом можно считать электрон. Магнитные свойства всех остальных магнитов обусловлены магнитными моментами электронов внутри них. С точки зрения квантовой теории поля электромаг-

нитное взаимодействие переносится безмассовым бозоном — фотоном (частицей, которую можно представить как квантовое возбуждение электромагнитного поля).

Постоянный магнит — изделие, изготовленное из ферромагнетика, способного сохранять остаточную намагниченность после выключения внешнего магнитного поля. Постоянные магниты применяются в качестве автономных (не потребляющих энергии) источников магнитного поля.

В целом поведение магнитного материала может значительно варьироваться в зависимости от структуры материала и, не в последнюю очередь, его электронной конфигурации. Существует несколько типов взаимодействия материалов с магнитным полем, в том числе ферромагнетики и ферримагнетики — материалы, которые обычно и считаются магнитными. Они притягиваются к магниту достаточно сильно — так, что притяжение ощущается. Только эти материалы могут сохранять намагниченность и стать постоянными магнитами. Ферримагнетики сходны с ферромагнетиками, но слабее них.

### Методика исследования

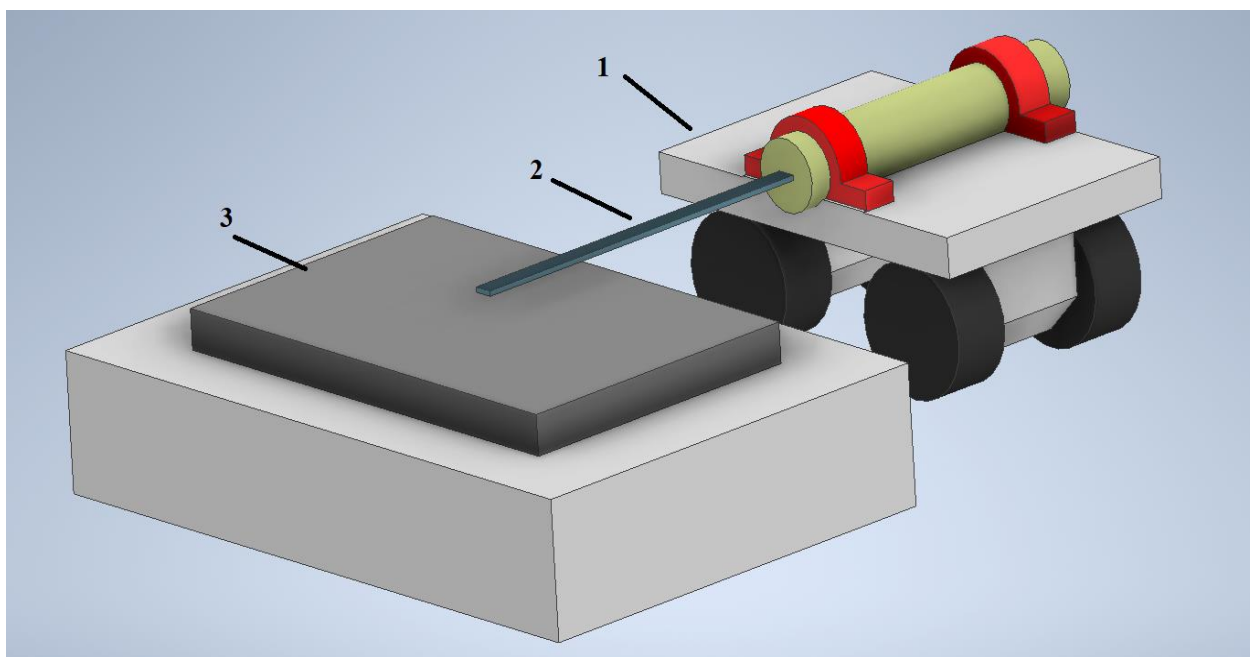


Рис.1. Схема установки

В исследовании использовались ферритовые магниты с размерами  $120 \times 80 \times 14$  мм и  $80 \times 60 \times 10$  мм, кроме этого два полюсника с размерами  $120 \times 80 \times 6$  мм и  $80 \times 60 \times 6$  мм (в дальнейшем третий размер элемента конструкции и размерность не указываются). Намагниченность у магнитов нормальная относительно наибольших плоскостей.

Измерения проводились следующим образом: щуп тесламетра 2 (рис.1) крепился на тележки 1. Исследуемый магнит 3 выставлялся на определенном расстоянии (5 мм) относительно щупа тесламетра. Схема данной установки изображена на рис. 1.

Следующим шагом была разметка верхней поверхности магнита 120×80 с нанесением точек для измерения. Подключив тесламетр и перемещая тележку, производили измерения индукции магнитного поля в следующих конструкциях (рис.2):

1. Магнит 120×80;
2. Магнит 120×80 и под ним в центре магнит 80×60;
3. Магнит 120×80 и под ним с краю магнит 80×60;
4. Магнит 120×80 и под ним полюсник 120×80;
5. Магнит 120×80 и под ним с краю полюсник 80×60;
6. Магнит 120×80 и под ним с краю полюсником 80×60, а с другого края магнит 80×60.

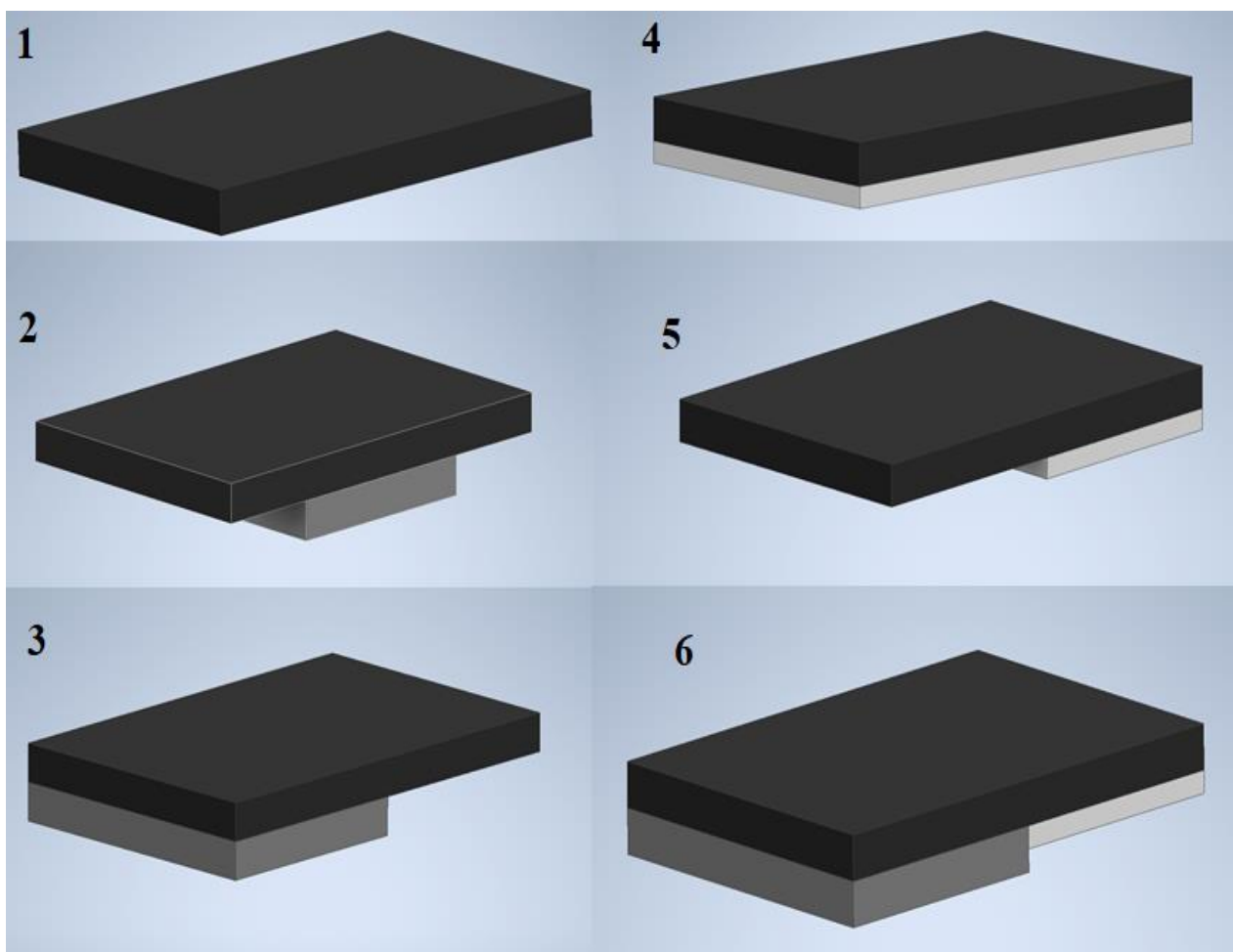


Рис. 2. Конструкции, в которых прооизводились замеры магнитного поля

### Результаты выполненных исследований

После измерений магнитного поля магнита  $120 \times 80$ , по полученным данным был построен график конфигурации магнитного поля (рис.3).

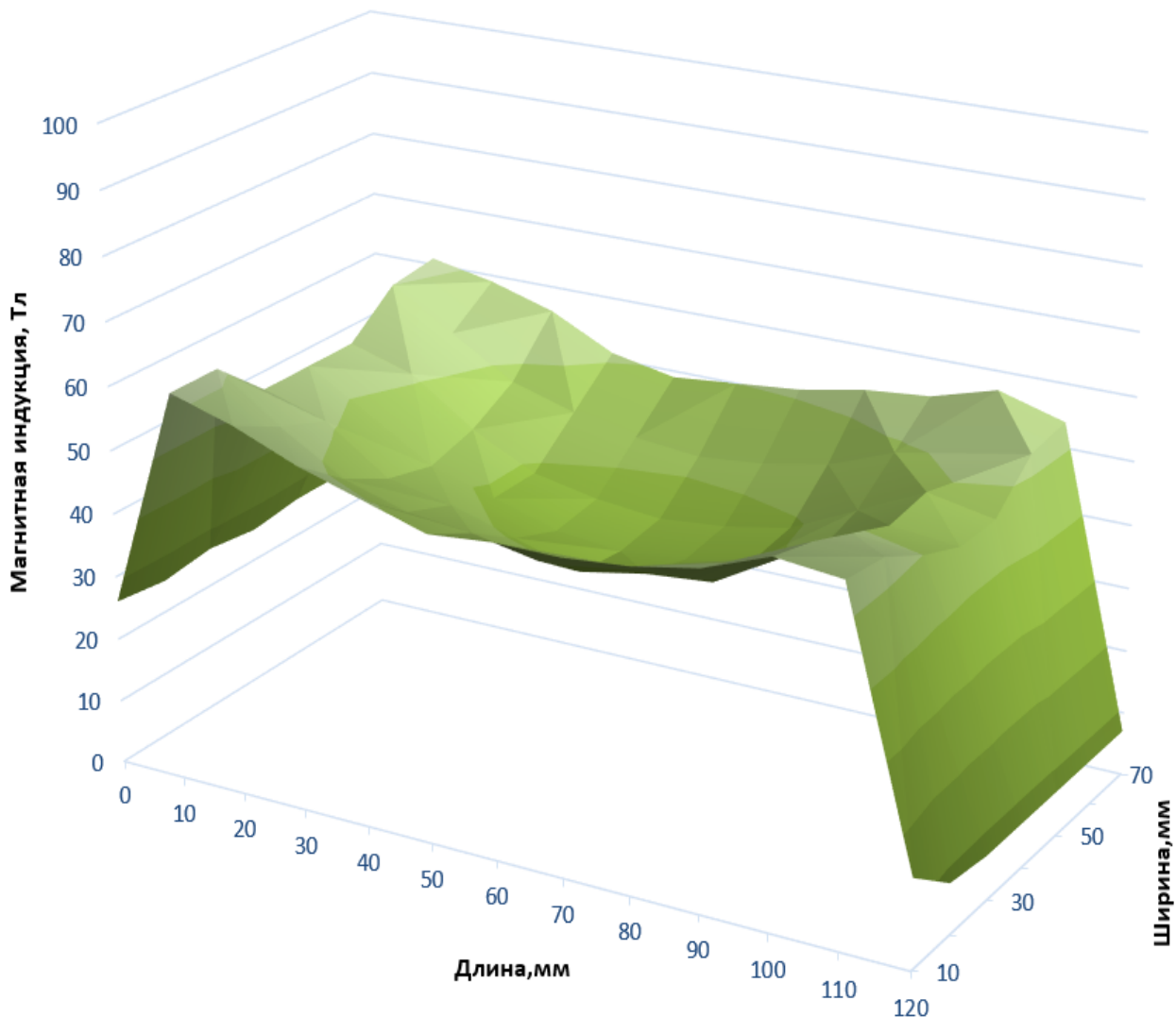


Рис.3. График конфигурации магнитного поля магнита  $120 \times 80$

После этого были произведены замеры магнитного поля магнита  $120 \times 80$  с добавлением к нему магнита  $80 \times 60$  сначала с краевым положением (рис.2, схема 3), потом с центральным положением (рис.2, схема 2). По полученным данным построены графики конфигурации магнитного поля, представленные на рис. 4 и 5.

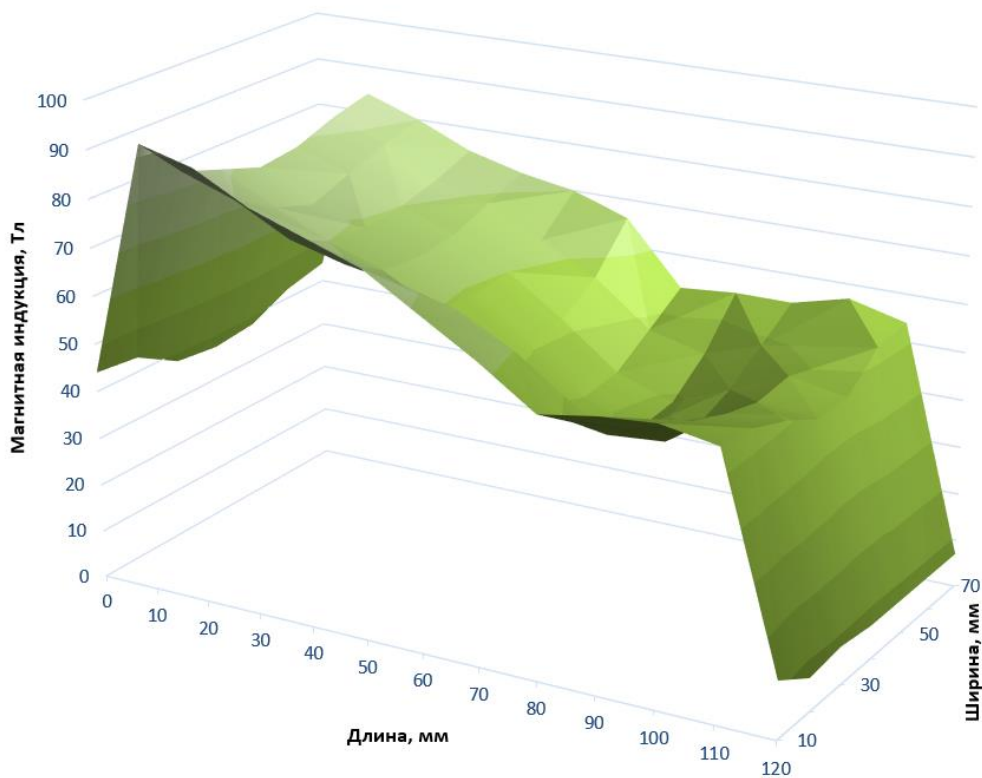


Рис.4. График конфигурации магнитного поля магнита 120×80 и магнита 80×60 сбоку (рис. 2, схема 3)

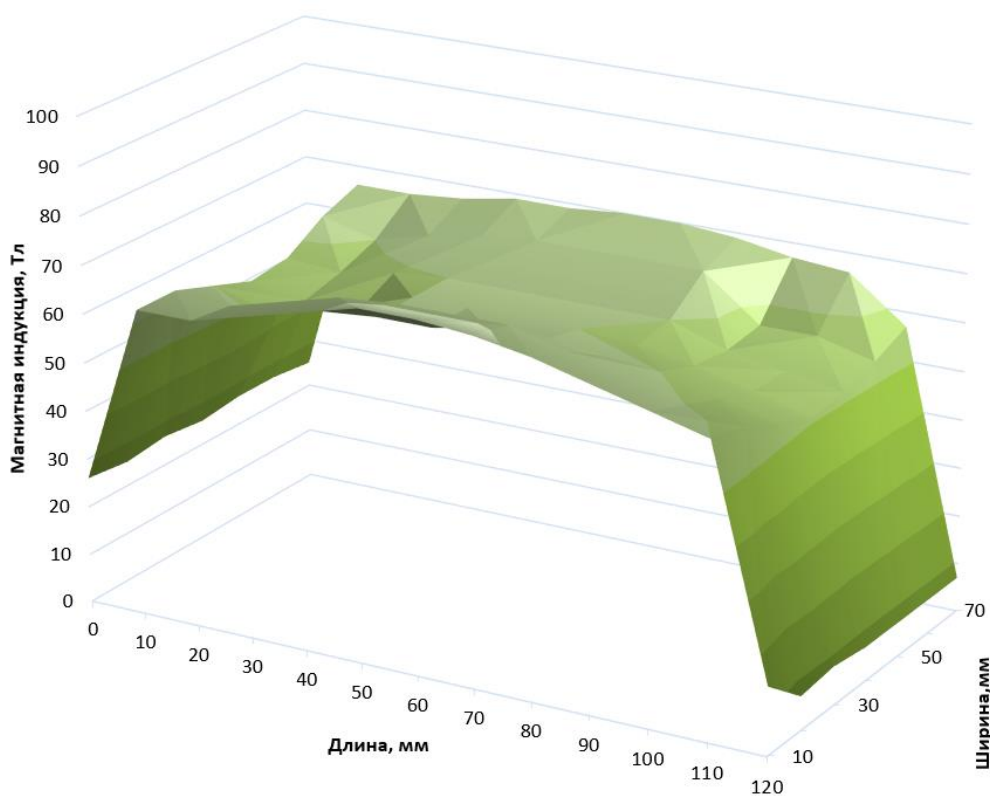


Рис.5 График конфигурации магнитного поля магнита 120×80 и магнита 80×60 в центре (рис. 2, схема 2)

После этого были произведены замеры магнитного поля в центральной линии (относительно ширины магнита  $120 \times 80$ ) по комбинациям, представленным на рис.2. В результате чего получены следующие графики (рис. 6 – 8).

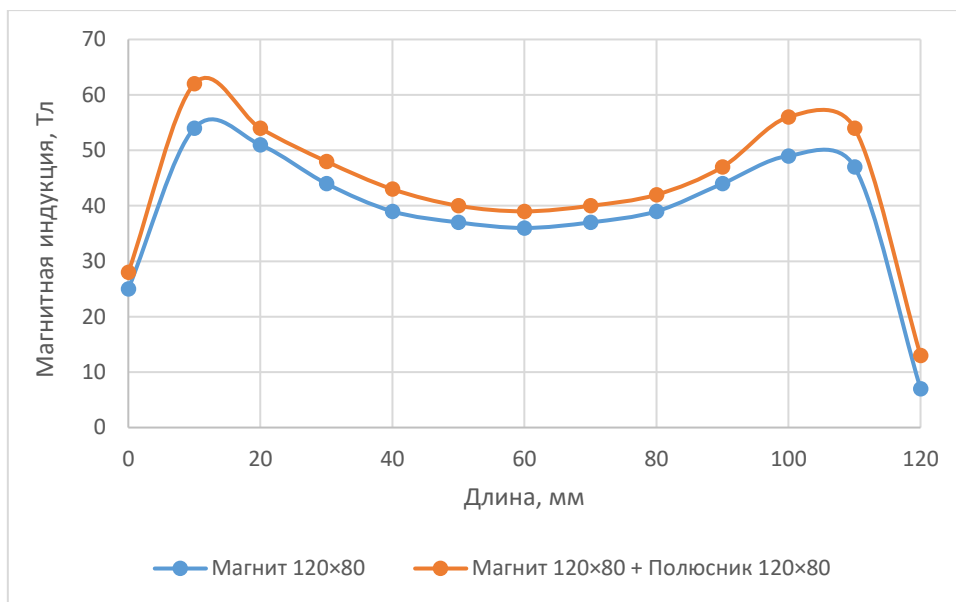


Рис.6. Изменение конфигурации магнитного поля магнита  $120 \times 80$  с помощью полюсника  $120 \times 80$

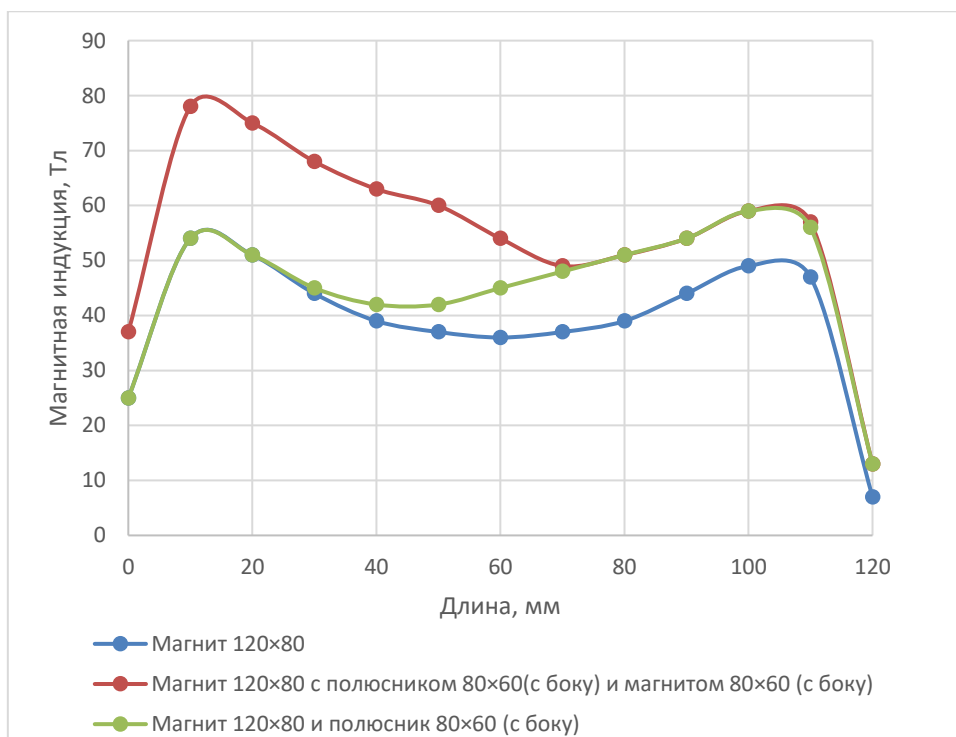


Рис.7. Изменение конфигурации магнитного поля магнита  $120 \times 80$  с помощью полюсника  $80 \times 60$  и магнита  $80 \times 60$

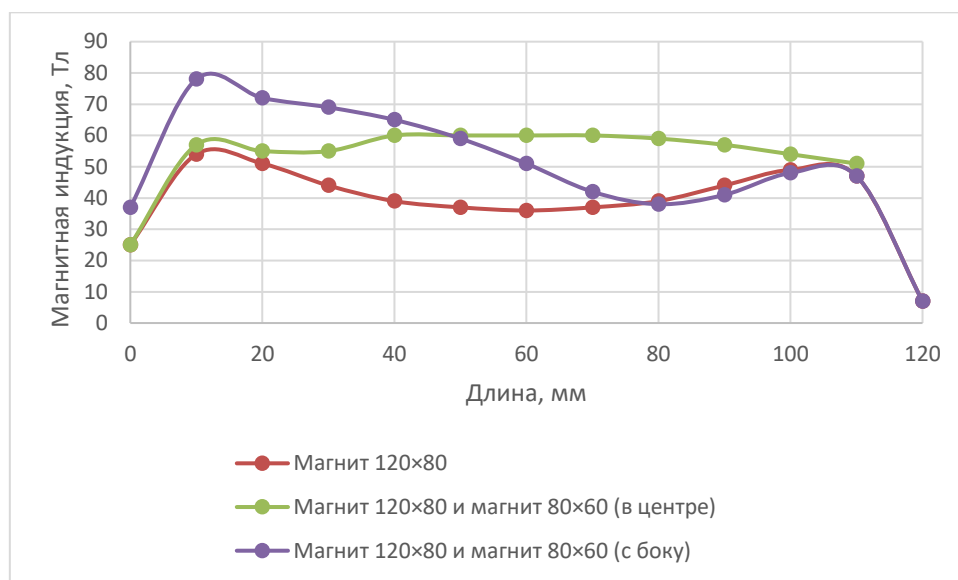


Рис.8. Изменение конфигурации магнитного поля магнита 120×80 с помощью магнита 80×60

В результате проведенных исследований установлено, что магнитное поле магнита 120×80 в плоскости, расположенной над магнитом на расстоянии 5мм, имеет высокие значения магнитной индукции в угловых областях и низкое в центральных области. Если к этому магниту добавляется магнит 80×60 с краю (рис. 2, схема 3), то значения магнитной индукции поля с этой стороны возрастают, а со стороны без магнита практически не меняются. Поэтому поле получается неравномерным, в отличие от случая, где этот магнит занимает центральное положение (рис. 2, схема 2) и данное поле уже имеет более равномерный характер. Что касается полюсников, они также увеличивают величину магнитного поля, но в сравнении с магнитами слабее, что показывает график, изображённый на рис 7. Если посмотреть на рис.6 и рис.8, то видно, что полюсник просто увеличивает величину магнитного поля, повторяя максимумы и минимумы относительно начального поля, в отличие от магнитов, которые увеличивают его намного больше, но искажают относительно начальных кривых, так как они имеют свое поле, которое также неравномерно.

### Выводы:

1. Расположение магнита 80×60 под центральной частью магнита 120×80 позволяет добиться равномерного распределения нормальной составляющей напряженности магнитного поля в плоскости, расположенной на высоте пять миллиметров над полюсной поверхностью магнита.
2. Применение полюсников позволяет увеличить величину магнитного поля без искажения относительного положения минимумов и максимумов магнитной индукции.

### Список литературы

1. Чепиков П.В., Захаров А.Ю. Влияние геометрических параметров на выбор магнитного материала в системы магнитного подвеса. В сборнике: Россия молодая. Сборник материалов VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. 2015. С. 95.
2. Либерман Я.Л., Метельков В.П. Ленточный конвейер. Патент РФ по МПК В65G23/44. Документ RU 2 734 125 С1, 2020.
3. Селин В.В. Устройство магнитной системы левитации для устойчивого высокоскоростного перемещения грузов. Документ RU 2 722 765 С1, 2020.
4. Шаньдун Ц. К. Исследование модели силы подвески ленточного конвейера с подвесом на постоянных магнитах с большим воздушным зазором. Июль 2021 г. DOI: 10.1109/ICAML54311.2021.000822
5. Gerlici J., Шведчикова И.А., Никитченко И.В., Романченко Ю.А. Исследование влияния конфигурации магнитной системы сепаратора на постоянных магнитах на распределение магнитного поля в рабочей зоне, 2017.2.02. DOI: 10.20998/2074-272X.