

**СИСТЕМА МГД-ДОЗИРОВАНИЯ И  
ПЕРЕКАЧИВАНИЯ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА**

**П.И. Пряжников, Е.А. Павлов, Д.И. Иванов.**

**научный руководитель: канд. техн. наук Е.А. Павлов**

*Сибирский федеральный университет*

В настоящее время в промышленности широкое распространение получили методы силового воздействия ЭМП на различные электропроводные среды. Эти методы весьма перспективны для решения целого ряда задач, возникающих на транспорте, в энергетике, металлургии, в литейном производстве, химической промышленности и технике физического эксперимента, так как они позволяют осуществить силовое воздействие бесконтактным путем и поддаются автоматизации.

В процессе разливки жидкого алюминия из стационарных миксеров или печей в литейную машину или в изложницы литейного конвейера, существует необходимость поддержания постоянства подаваемого жидкого металла, а также гибкого регулирования его подачи с целью обеспечения стабильных условий литья. В виду того, что скорость разливки из стационарного миксера, при полном миксере быстрее в 3.5 раза чем при пустом, необходимо использование МГД дозатора, стабилизирующего разливку. Стабильная скорость истечения металла необходима для получения слитков и чушек, с одинаковой структурой в начале и конце процесса разливки металла из печи. Особенно это актуально для крупногабаритных слитков, где требования к структуре слитка высоки. Для выполнения требования гибкого регулирования подачей жидкого расплава предлагается использовать МГД дозаторы на основе линейных индукционных машин (ЛИМ), использующих поперечный магнитный поток в канале с расплавом.

Разрабатываемое устройство может реализовывать следующие технические режимы: Полное запираение – режим электромагнитного затвора, этот режим необходим для полного перекрытия канала и алюминия поступающего из печи, в необходимых технологических промежутках. Частичное запираение – режим с целью ограничения расхода алюминия, он необходим в начале процесса разливки при полной печи, когда уровень металлостатического давления в печи высокий, а условия литья требуют ограниченной подачи металла на литейную машину. Выкачивание металла – режим с целью увеличения расхода алюминия, режим необходим в конце процесса разливки при низком уровне металла, когда давление металлостатического столба недостаточно для создания требуемого напора и подачи расплава алюминия на литейную машину. Перекачивание металла – режим, при котором МГД дозатор работает как насос, перекачивая расплав по присоединяемому к нему металлопроводу в другую печь или емкость.

Данная технология является альтернативной эксплуатируемым на сегодняшний день механическим пикам на основе гидропривода (Франция, Швеция) и МГД-лоткам (Латвия). Механические пики на основе гидропривода зарекомендовали себя у российских литейщиков отрицательно. Пика не всегда достаточно плотно закрывает леточное отверстие из-за налипания алюминия и его окиси на стенках леточного отверстия, кроме того, механическая пика способна только уменьшить скорость течения расплава из миксера, закрывая леточное отверстие, а задача выкачивания расплава остается нерешенной. Установка имеет высокую стоимость, большие габаритные размеры и требует существенных затрат при реконструкции существующих печей. Также для обеспечения постоянства разливки металла используется поворотные печи, которые очень дороги и требуют полной замены существующих стационарных печей.

Наиболее полную картину физических процессов протекающих в МГД-устройствах металлургического назначения, можно получить на основе математического моделирования, которое позволяет получить достоверную информацию об объекте с учетом реальных геометрических размеров и свойств. Поэтому, при проектировании опытного образца МГД устройства использованы результаты математического моделирования, что позволит добиться энергетической и технологической эффективности, а также надежности в процессе работы машины.

Для определения габаритных размеров и режимов работы МГД-насоса с поперечным потоком был проведен математический анализ электромагнитного поля двух конструкций МГД насосов в программном комплексе ANSYS Emag. Математическая модель МГД дозирующего устройства, в виде сетки конечных элементов, представлена на рисунке 1. Эта модель основана на принципе плоских ЛИМ (ПЛИМ). На рисунке 2 приведена модель МГД-дозатора с замкнутым магнитопроводом.

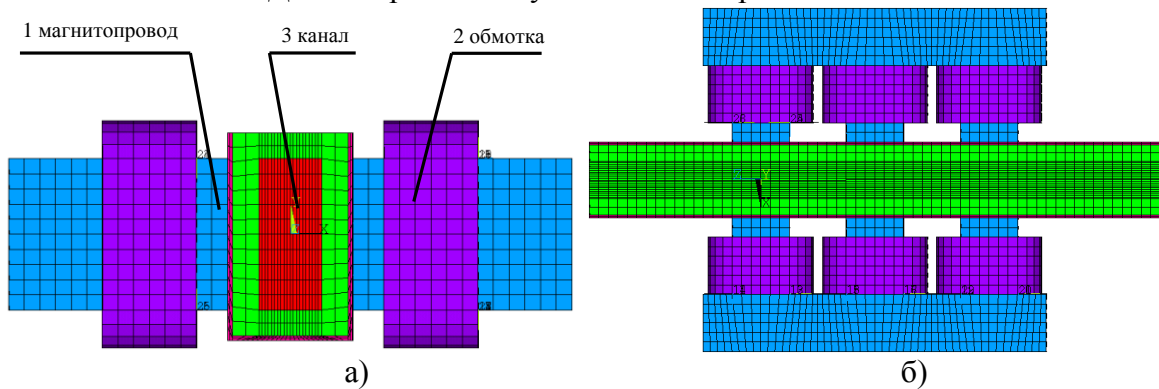


Рисунок 1 – Математическая модель МГД дозатора на основе плоских ЛИМ  
а) вид спереди; б) вид сверху

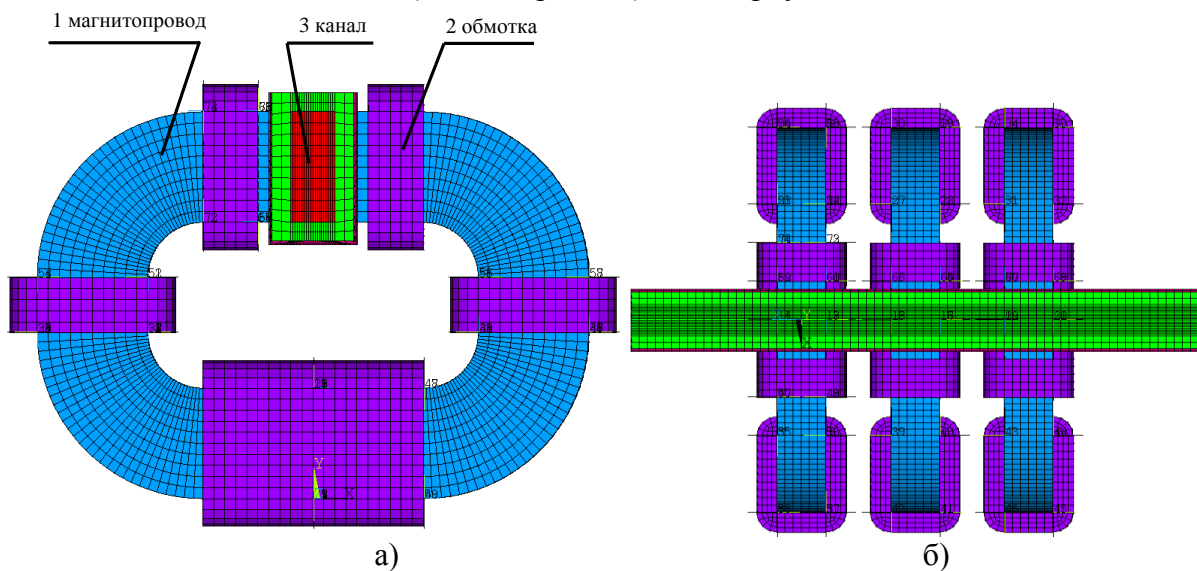


Рисунок 2 – Математическая модель МГД дозатора с замкнутым магнитопроводом  
а) вид спереди; б) вид сверху

При построении математической модели принималось следующее:

- 1) Магнитопровод моделировался средой с относительной комплексной магнитной проницаемостью  $\mu = 1500$  и с удельной электропроводностью  $\gamma = 0$ .
- 2) Источником ЭМП служила обмотка в которой задавалась эффективная плотность тока ( $A/m^2$ ) в комплексном виде, с учетом коэффициента заполнения обмоток.

3) Расплавленный алюминий моделируется средой  $\mu = 1$  и  $\gamma = \gamma_{Al}$ . Движение расплава в канале считается ламинарным.

4) Расчетная область ограничивается краевыми условиями второго рода  $H_\tau = 0$  (касательные составляющие напряженности магнитного поля на краях расчетной области равны нулю).

В результате анализа были получены интегральные и дифференциальные характеристики устройств. На рисунке 3 представлено распределение амплитуды магнитной индукции  $B$  в указанных моделях, на частоте 50 Гц.

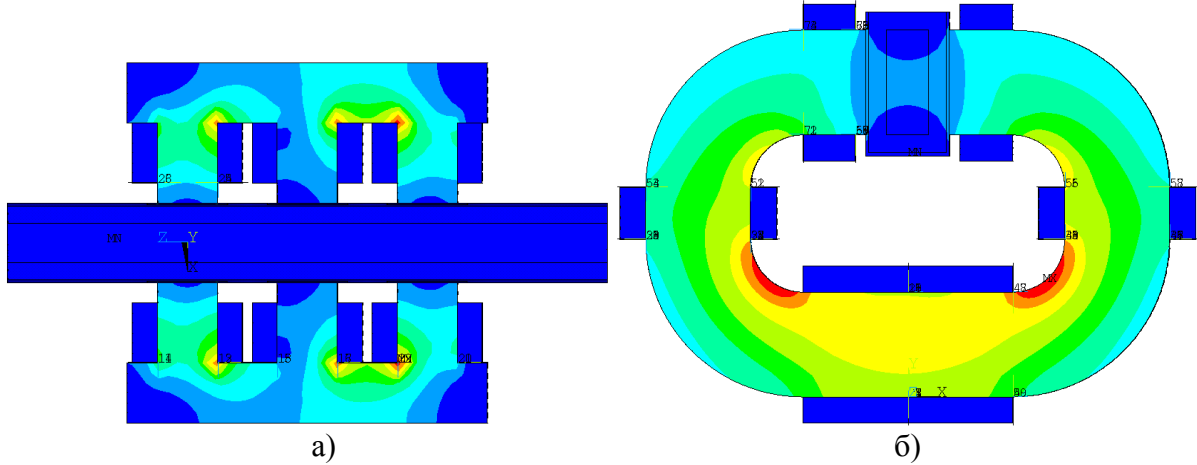


Рисунок 3 – Распределение амплитуды магнитной индукции в расчетных моделях а) МГД дозатор на основе ПЛИМ; б) МГД дозатор с замкнутым магнитопроводом

Распределение амплитуды магнитной индукции  $B$  в канале, представлено на рисунке 4, а на рисунке 5 приведено распределение удельной объемной силы Лоренца в канале.

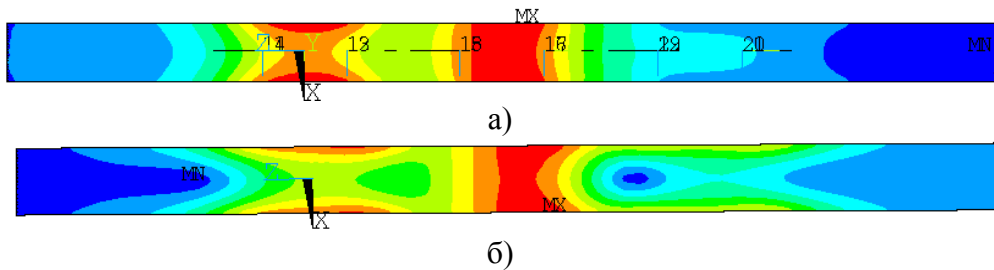


Рисунок 4 – Распределение амплитуды магнитной индукции в канале а) МГД дозатор на основе ПЛИМ; б) МГД дозатор с замкнутым магнитопроводом

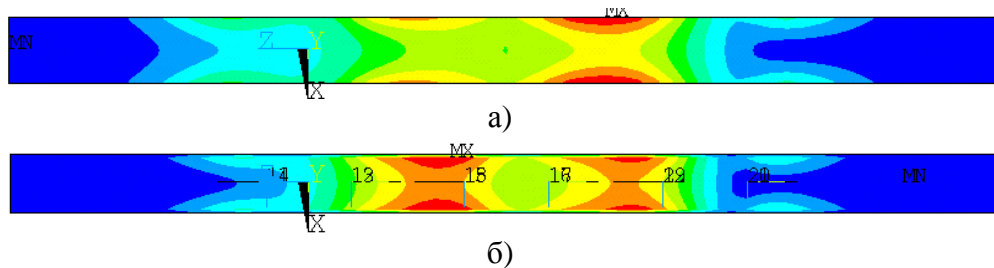


Рисунок 5 – Распределение удельной объемной силы Лоренца в канале а) МГД дозатор на основе ПЛИМ; б) МГД дозатор с замкнутым магнитопроводом

В результате исследования получены зависимости изменения интегральной объемной силы Лоренца  $F$  и активной мощности  $P$  выделяемой в канале от частоты  $f$ . Эти зависимости приведены на рисунке 6 и на рисунке 7 соответственно.

На рисунке 6, кривая №1 – показывает зависимость изменения интегральной силы  $F$  в канале МГД дозатора от частоты  $f$  для двух плоских ЛИМ, а кривая №2 – аналогичную зависимость для МГД дозирующего устройства с замкнутым магнитопроводом.

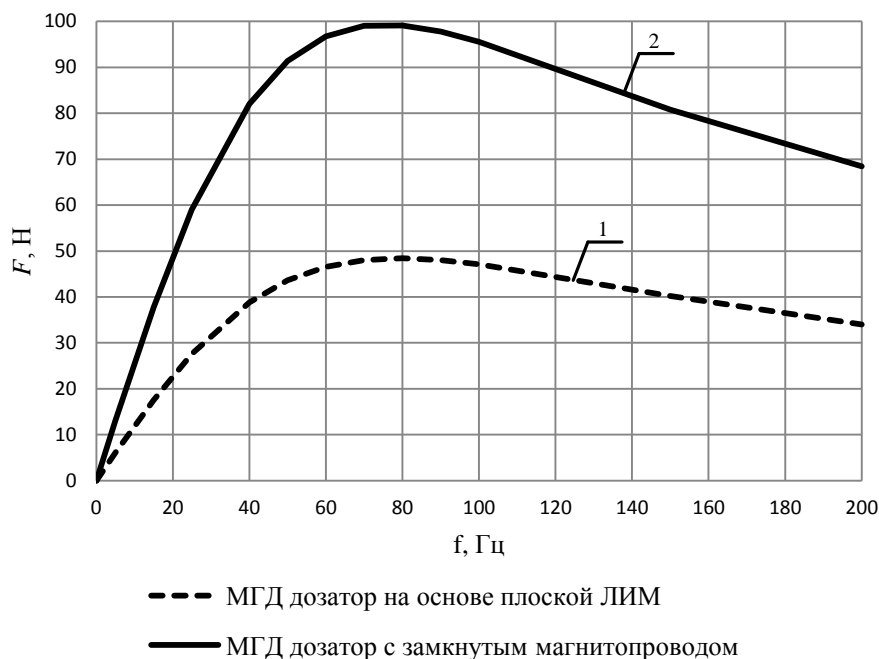


Рисунок 6 – Зависимость изменения удельной объемной силы в канале от частоты

На рисунке 7, кривая №1 – показывает зависимость изменения активной мощности  $P$  выделяемой в канале от частоты  $f$  для двух плоских ЛИМ, а кривая №2 – аналогичную зависимость для МГД дозирующего устройства с замкнутым магнитопроводом.

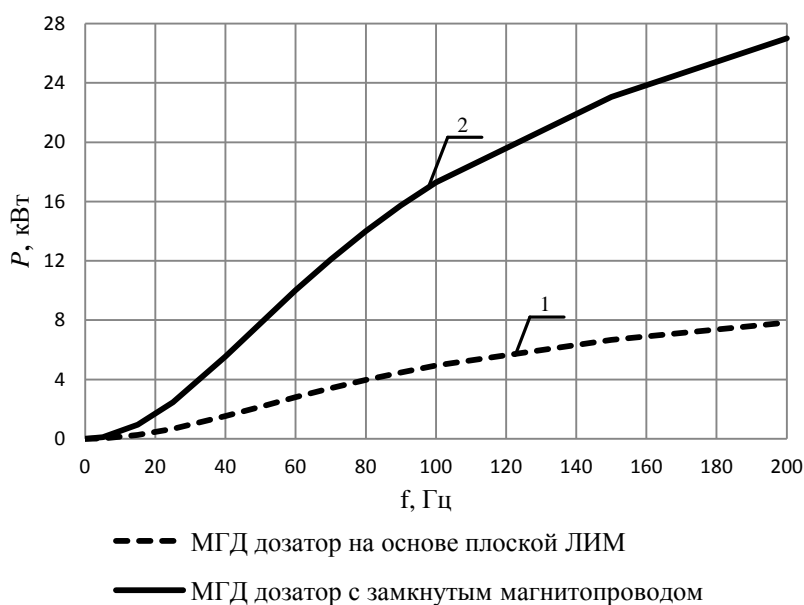


Рисунок 7 – Зависимость изменения активной мощности в канале от частоты

По результатам математического моделирования был проведен анализ дифференциальных и интегральных характеристик двух типов ЛИМ описанных выше, при условии одинаковой активной мощности выделяемой в обмотке. Были определены оптимальные конструктивные параметры устройства на основе ЛИМ с поперечным магнитным потоком и режимы его работы.