

Выводы

1. Проведённое моделирование теплового состояния ротора турбохолодильника показало, что причиной перегрева внутренних колец является отсутствие масла на беговой дорожке колец подшипников.

2. Установка конической вставки, направляющей поток масляно-воздушной смеси на беговую дорожку внутреннего кольца подшипника, позволяет существенно повысить концентрацию масла на нём, и тем самым увеличить ресурс подшипников.

Литература.

1. Мазырин И.В. Смазочные устройства машин. – М.: ГНТИ машиностроительной литературы, 1963.

Идентификация работы двигателя самоходной машины для использования в математической модели её движения (на примере двигателя DT466)

к.т.н., проф. Лепешкин А.В., Курмаев Р.Х., Катанаев Н.К.
МГТУ «МАМИ»,

В данной публикации предлагается метод получения математической идентификации характеристики двигателя на основании имеющихся характеристик, полученных экспериментально. Особенность предлагаемого метода заключается в том, что в результате получается зависимость момента, создаваемого двигателем, от двух переменных: частоты вращения его вала и параметра регулирования его режима работы. Предлагаемый метод раскрывается на примере получения указанной характеристики для дизельного двигателя DT466.

Математическое моделирование движения самоходных машин, как правило, предполагает изучение процессов в существенно изменяющихся условиях эксплуатации этих машин. При этом часто необходимо учитывать как ограничения, которые накладывает на изучаемые процессы двигатель машины, так и результат управляющего воздействия, поступающий на него со стороны водителя. В некоторых случаях целью исследований является оценка потребляемого машиной топлива в моделируемых ситуациях. Очевидно, что во всех этих случаях в состав математической модели машины должны быть включены уравнения, характеризующие работу ее двигателя. Простейшим вариантом такого уравнения является следующее:

$$J_e \frac{d\omega_e}{dt} = M_e - M_T, \quad (1)$$

где: J_e - суммарный приведенный к валу двигателя момент инерции вращающихся частей;

ω_e - угловая скорость вращения вала двигателя;

M_e - крутящий момент, развиваемый двигателем;

M_T - суммарный момент сопротивления вращению, возникающий на валу двигателя со стороны потребителей.

Настоящая публикация посвящена способу определения величины момента M_e , являющегося функцией угловой скорости вращения ω_e и количества потребляемого двигателем топлива, зависящего от управляющего воздействия (поворот дроссельной заслонки или перемещение рейки топливного насоса) со стороны водителя.

Для этой цели предлагается использовать методы математической идентификации, позволяющие определить математическую зависимость искомой величины (M_e) от влияющих на нее параметров на основании известных экспериментальных зависимостей, характеризующих соответствующие изменения.

Здесь приводятся результаты, полученные при определении уравнений, описывающих характеристику двигателя DT466 вида $M_e = f(\omega_e, e_g)$, где $e_g = N/N_{\max}$ - параметр регулирования режимов работы двигателя, численно равный отношению действительной мощности N , развиваемой двигателем, к максимальной N_{\max} при данной ω_e .

Если принять, что развиваемую двигателем мощность N при данной частоте вращения вала может изменять водитель за счет регулирования подачи топлива, то величина e_g условно характеризует соответствующее управляющее воздействие.

За основу взяты экспериментальные характеристики двигателя DT466, приведенные на рис. 1.

На этом рисунке представлены внешняя характеристика двигателя, для которой параметр регулирования режима работы двигателя $e_g = 1$, частичные характеристики с соответствующими дробными значениями e_g , а также характеристика, определяющая режимы работы двигателя с минимальным удельным расходом топлива (построена по данным [2]).

Используя эти экспериментальные данные, в среде Microsoft Excel были получены линии тренда путем аппроксимации экспериментальных точек, соответствующих внешней и частичным характеристикам двигателя, полиномами четвертого порядка.

Результат этого представлен на рис. 2.

На этом же графике приведена линия тренда первой степени, аппроксимирующая регулировочную характеристику этого двигателя, в соответствии с которой происходит ограничение максимальных оборотов его вала при низкой нагрузке.

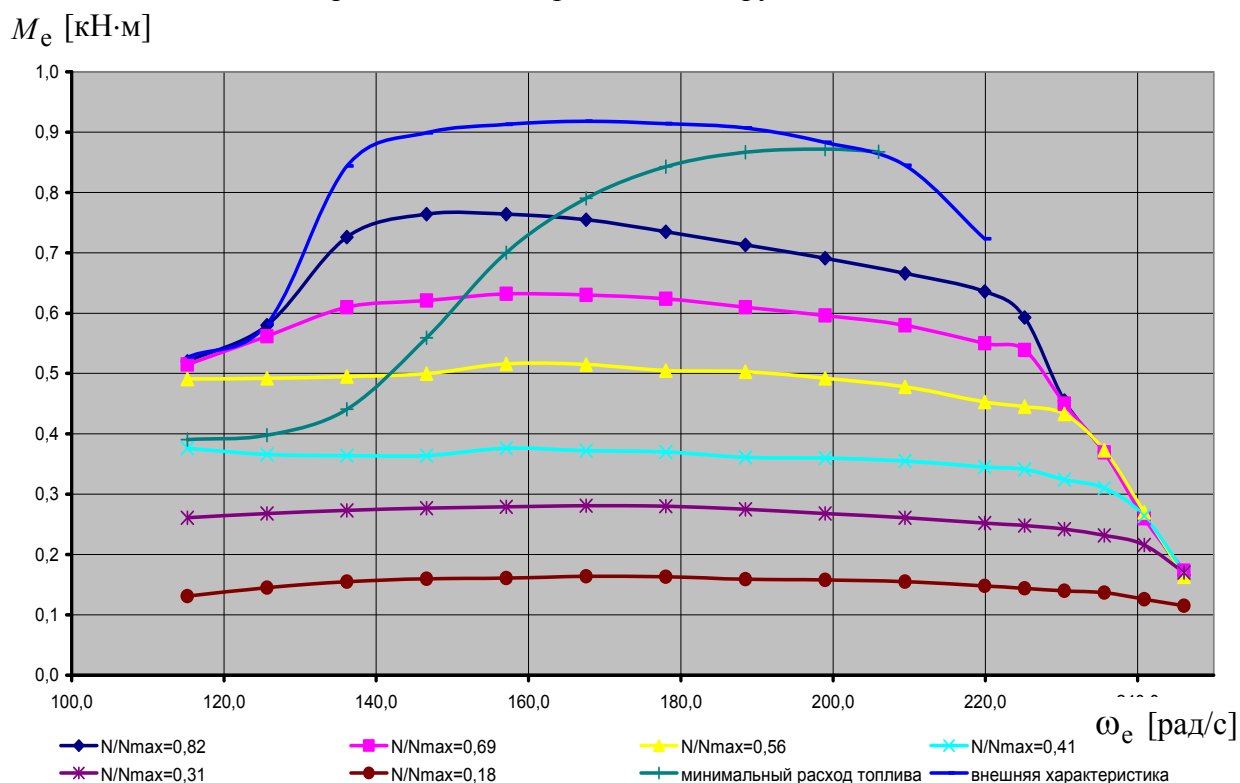


Рис. 1 – Экспериментальные характеристики двигателя DT466

Из графика видно, что переход с одной характеристики двигателя на другую в зависимости от значения e_g выражается в соответствующем изменении значений аппроксимирующих коэффициентов A_0, A_1, A_2, A_3 и A_4 , используемых для этой цели полиномов.

M_e [кН·м]

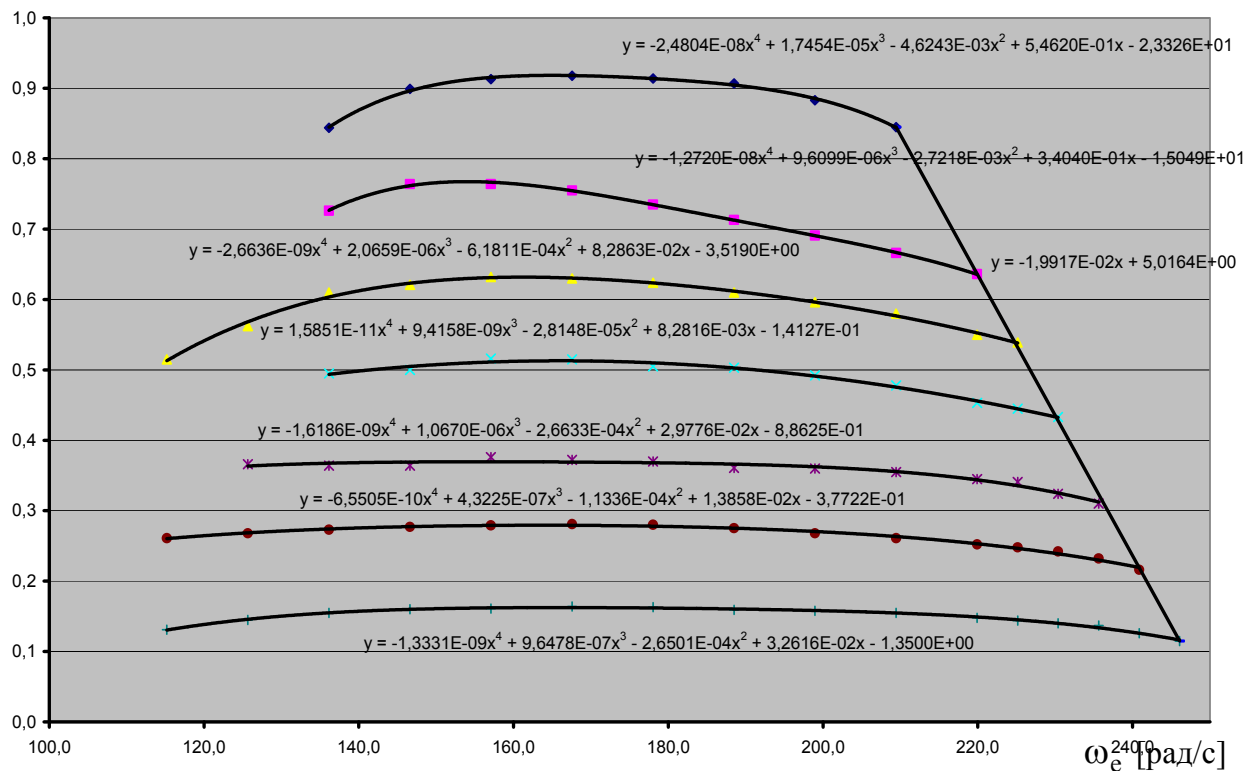


Рис. 2 – Аппроксимирующие полиномы

Дальнейшие исследования посвящены определению зависимостей значений этих аппроксимирующих коэффициентов от величины e_g .

В качестве примера на рисунке 3 приведена зависимость значения свободного члена A_0 в полученных аппроксимирующих полиномах от e_g .

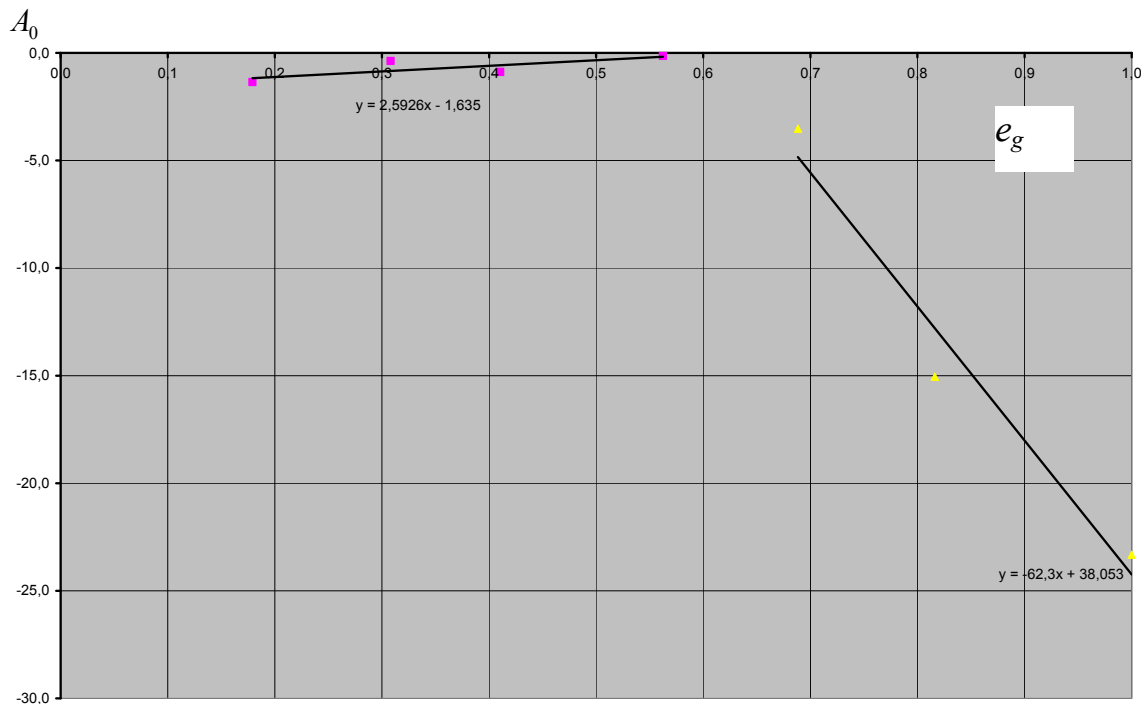


Рис. 3 – Зависимость A_0 от e_g .

На этом же рисунке приведены результаты кусочно-линейной аппроксимации полу-

ченной зависимости $A_0 = f(e_g)$, состоящей из двух линейных участков. При использовании этой зависимости необходимо по данной величине e_g рассчитать A_0 по каждой из этих двух зависимостей и выбрать минимальное из значений.

Аналогичные зависимости имеют значения коэффициентов A_1 , A_2 , A_3 и A_4 в полученных аппроксимирующих полиномах.

Таким образом, аппроксимирующий полином, определяющий зависимость момента M_e от угловой скорости ω_e вращения вала двигателя ДТ466 и от параметра регулирования режимов работы двигателя $e_g = N/N_{\max}$, имеет вид:

$$M_e = A_0 + A_1 \cdot \omega_e + A_2 \cdot \omega_e^2 + A_3 \cdot \omega_e^3 + A_4 \cdot \omega_e^4, \quad (2)$$

где: $A_0 = \min\left[\left(2,5926 \cdot e_g - 1,635\right), \left(-62,3 \cdot e_g + 38,053\right)\right]$,

$$A_1 = \max\left[\left(-0,0490467 \cdot e_g + 0,0390359\right), \left(1,462 \cdot e_g - 0,89754\right)\right],$$

$$A_2 = \min\left[\left(0,483 \cdot 10^{-3} \cdot e_g - 0,3445 \cdot 10^{-3}\right), \left(-0,012688 \cdot e_g + 7,939 \cdot 10^{-3}\right)\right],$$

$$A_3 = \max\left[\left(-1,9496 \cdot 10^{-6} \cdot e_g + 1,33 \cdot 10^{-6}\right), \left(4,894 \cdot 10^{-5} \cdot e_g - 3,1152 \cdot 10^{-5}\right)\right],$$

$$A_4 = \min\left[\left(2,7247 \cdot 10^{-9} \cdot e_g - 1,8923 \cdot 10^{-9}\right), \left(-7,0719 \cdot 10^{-8} \cdot e_g + 4,565 \cdot 10^{-8}\right)\right].$$

Для сравнения результатов математической идентификации характеристики двигателя ДТ466 с исходными экспериментальными данными на рисунке 4 приведены расчетные зависимости, полученные с использованием формулы (2). Точки, приведенные на этом графике, соответствуют исходным экспериментальным данным.

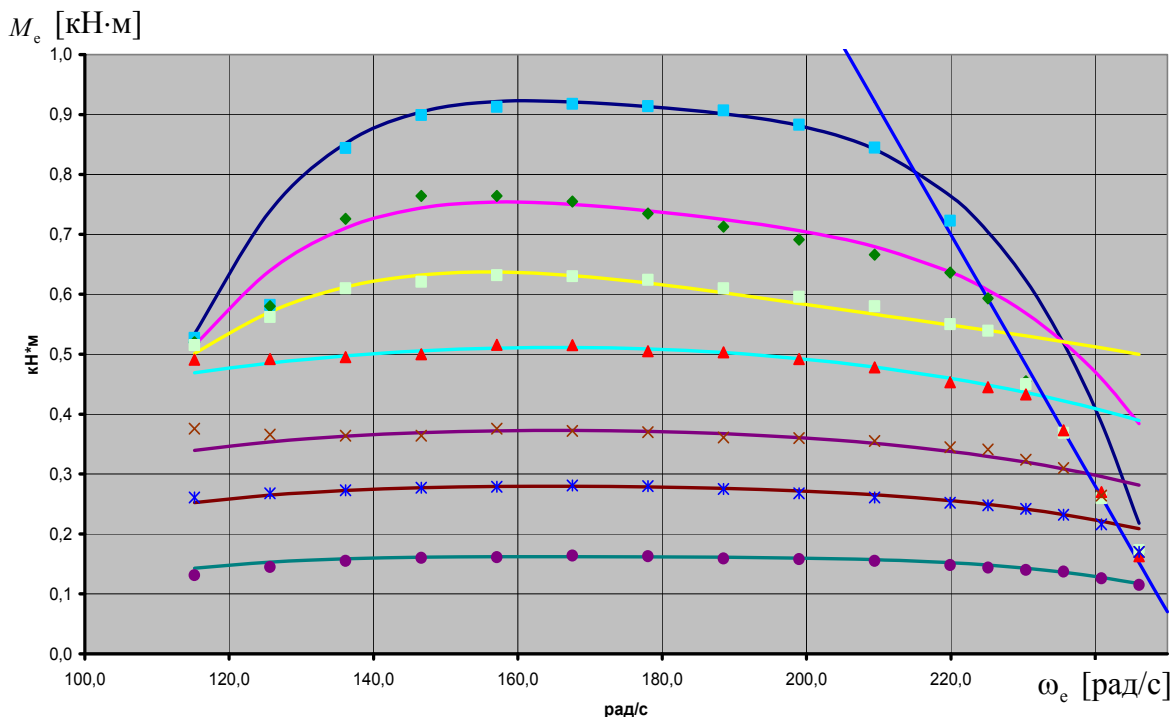


Рис. 4 – Сравнение результатов идентификации двигателя ДТ466 с исходными экспериментальными данными.

При получении этих зависимостей использовались те же значения параметра регулиро-

вания режимов работы двигателя $e_g = N/N_{\max}$, что и были при снятии экспериментальных характеристик (см. рисунок 1).

На рисунке 4 также приведен график принятой расчетной регуляторной характеристики двигателя DT466, аналитическое выражение которой имеет вид:

$$M_{ep} = -0,021 \cdot \omega_e + 5,32 \quad (3)$$

При моделировании движения машины в математической модели (1) следует использовать меньшее из значений моментов M_e , рассчитанных по формулам (2) и (3).

Сравнение принятых расчетных характеристик двигателя DT466 с экспериментальными данными (рисунок 4) показывает близость этих значений. Наибольшие отклонения получились в области низких угловых скоростей вращения вала двигателя ($\omega_e < 136$ рад/с) для значений $e_g > 0,7$. Поэтому при математическом моделировании в этой области данные результаты идентификации использовать не следует.

На рисунке 5 приведен результат аппроксимации полиномом 6-ой степени зависимости $M_e(\omega_e)$ двигателя DT466, характеризующей режимы его работы с минимальным удельным расходом топлива. Экспериментальные данные для построения этой зависимости взяты из статьи [2]. На этом же графике приведены соответствующие этим режимам работы значения параметра регулирования данного двигателя $e_g = N/N_{\max}$.

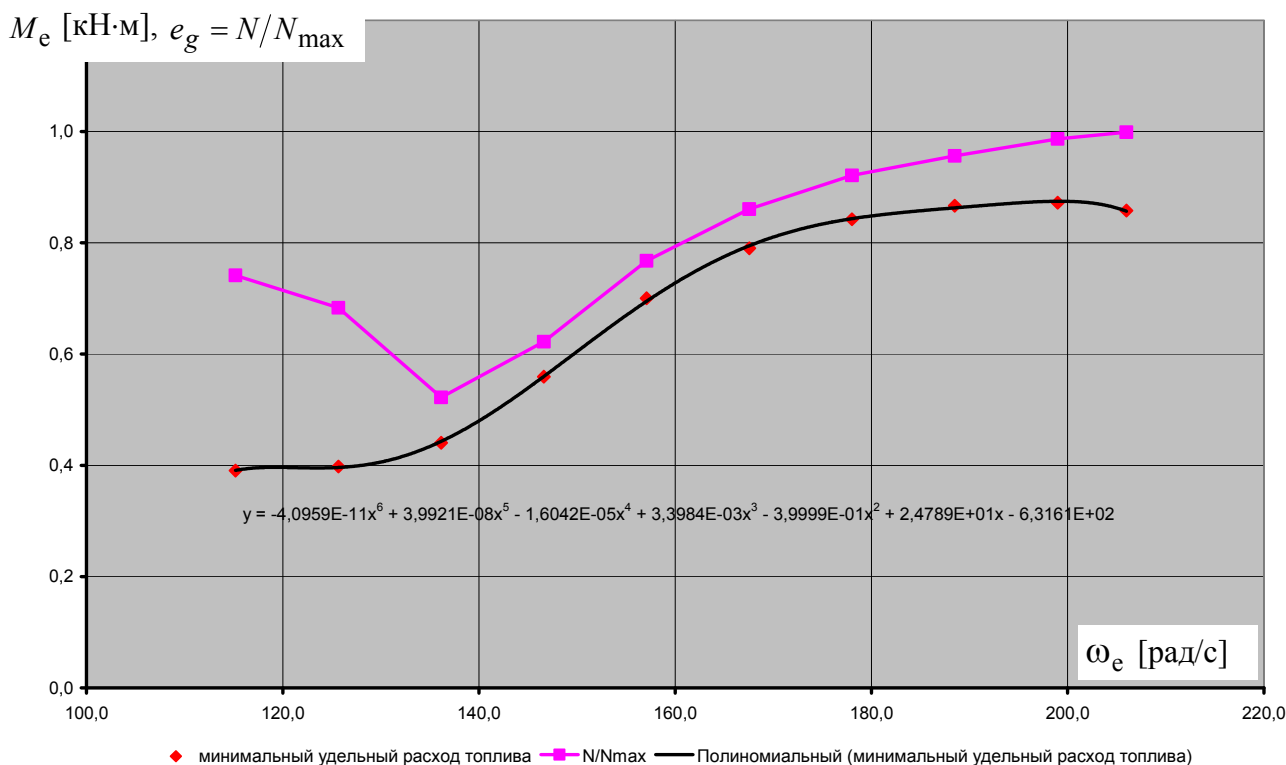


Рис. 5 – Характеристика минимального удельного расхода топлива.

Эта зависимость может использоваться, например, с целью построения системы автоматического регулирования трансмиссии машины, обеспечивающей ее движение в данных условиях с минимальным удельным расходом топлива.

Выводы

Таким образом, полученные в результате математической идентификации выражения (2) и (3) позволяют при известной частоте вращения вала двигателя и заданном параметре регулирования его работы определить момент, развиваемый двигателем, соответствующий экспериментальным данным. Следовательно, эти выражения могут использоваться при ма-

тематическом моделировании движения самоходных машин в широком диапазоне изменяющихся условий, в том числе и с учетом величины управляющего воздействия со стороны водителя.

Литература

1. Ленин И.М. «Теория автомобильных и тракторных двигателей». Учебник для вузов. М., «Машиностроение», 1969, 368 с.
2. Шухман С.Б., Соловьев В.И., Прочко Е.И. Повышение КПД полнопоточной гидрообъемной трансмиссии за счет комбинированного способа регулирования гидромашин. М., «Вестник машиностроения», №2, 2006, с. 27-32.

Расширение температурного диапазона работы автотракторных электродвигателей за счет применения постоянных составных магнитов возбуждения

Борискин П.И.
МГТУ «МАМИ»

В статье представлена методика, позволяющая расширить температурный диапазон работы автотракторных электродвигателей постоянного тока за счет применения составных магнитов в системе возбуждения, посредством схемы замещения, составленной применительно к пакету прикладных программ IRIS-PC.

Устанавливаемые в автотракторные электродвигатели постоянные магниты отличаются сравнительно малой величиной отношения длины магнита к его ширине, т.е. к величине полюсной дуги. При этом, как было показано в [1], магнитный поток поперечной реакции замыкается через стальной корпус, к которому приклеены или прижаты пружинами магниты. Это приводит к тому, что сбегаящий край магнита размагничивается или даже в экстремальных условиях, когда коэрцитивная сила снижена отрицательной температурой, а двигатель заторможен, перемагничивается, т.е. у магнита, представляющего собой северный полюс, на сбегавшем конце появляется участок южного полюса, а у магнита, представляющего южный полюс – участок северного полюса.

Чтобы гарантированно исключить возможность такого перемагничивания и для качественного повышения коэффициентов использования материалов электродвигателя представляется целесообразным сделать его составным, выполнить некоторые участки магнита у его сбегавшего края из материала с повышенной коэрцитивной силой.

При исследовании электродвигателя с составным магнитом необходимо решать не только технические, но и экономические задачи, т.к. магниты с повышенными свойствами стоят, конечно, дороже, но их применение позволяет при прочих равных условиях повысить мощность электродвигателя или уменьшить его массу при обеспечении тех же выходных характеристик.

Таким образом, применение составных постоянных магнитов в системе возбуждения автотракторного электродвигателя позволяет существенно расширить сферу их возможностей и обеспечить работу в широком диапазоне внешних условий, в том числе, температурных. Однако расчет электродвигателей с такими магнитами обычными методами не возможен.

Решение этих задач возможно с использованием схемы замещения электродвигателя постоянного тока с составными магнитами, составленной применительно к пакету прикладных программ IRIS-PC [2].

Применение составных магнитов было рассмотрено на примере электродвигателя отопителя 361.3780, в котором применяется феррит стронция 28СА250 с остаточной индукцией $B_r=0,39$ Тл и коэрцитивной силой $H_c=240$ кА/м [3]. На рис. 1 представлены основные выходные характеристики данного электродвигателя при $T=25^\circ\text{C}$. Для проверки воздействия реакции якоря были представлены кривые намагничивания (рис. 2) магнитопровода $B_i=f(H_i)$ по отношению к различным расчетным участкам полюса. Сам магнит делится на 5 участков,