

**А.В. ЕГОРОВ**, аспирант, НТУ "ХПИ", Харьков **В.В. НАНИЙ**,  
канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ", Харьков  
**В.Д. ЮХИМЧУК**, канд. техн. наук, проф., НТУ "ХПИ", Харьков  
**Д.В. ПОТОЦКИЙ**, ассистент, НТУ "ХПИ", Харьков

### **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕРДЕЧНИКА ДВИГАТЕЛЯ С КАТЯЩИМСЯ РОТОРОМ, С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ**

Розглянуто тепловий стан двигуна з ротором, що котиться (ДРК), при використанні різних марок сталей, в якості масивного осердя, з урахуванням мінливості коефіцієнта теплопровідності. Проведена оптимізація конструкції осердя ДРК.

Рассмотрено тепловое состояние двигателя с катящимся ротором (ДКР), при использовании различных марок сталей, в качестве массивного сердечника, с учетом непостоянства коэффициента теплопроводности. Проведена оптимизация конструкции сердечника ДКР.

**Введение.** Материал сердечников статора и ротора оказывает существенное влияние на электромагнитные свойства электрической машины. Для двигателей с катящимся ротором (ДКР) это влияние еще более значительно, т.к. было показано в [1]. Выбор материала сердечников ротора и статора, а так же вид их механической обработки непосредственно связан с развиваемым вращающимся моментом ДКР. Поэтому для ряда вариантов режимов работы ДКР целесообразно применять массивные сердечники.

**Цель, задачи исследования.** Установить наиболее оптимальную марку стали для массивного сердечника ДКР в тепловом отношении.

**Основной текст.** В качестве материала сердечников статора и ротора двигателя с катящимся ротором, рассматривались стали СтЗСП, Сталь 20, Сталь 45, Сталь 40Х, 2013. В магнитном отношении наилучшие показатели относятся к сталям 2013 и СтЗ. После термической обработки лучшие магнитные свойства начинает приобретать Сталь 40Х.

Исследуемый ДКР предназначен для работы в режиме S4 с максимально укороченным циклом работы, что приводит к быстрому нагреву машины. Поэтому необходимо учитывать динамику теплового состояния машины.

С этой целью, был проведен анализ динамики теплового состояния, ДКР, который запитывался от преобразователя, с потребляемым током 8 А, вращающим моментом 160 Нм, частотой вращения 0,2 об/мин, с повторяющимся режимом короткого замыкания через каждые 3 секунды. Температура окружающего воздуха 20 °С.

Для моделирования теплового состояния машины и его анализа использовалась программа COSMOS SolidWorks, с последующим сравнением. Для этого разработана геометрическая модель, со следующими главными размерами: внутренний диаметр расточки статора

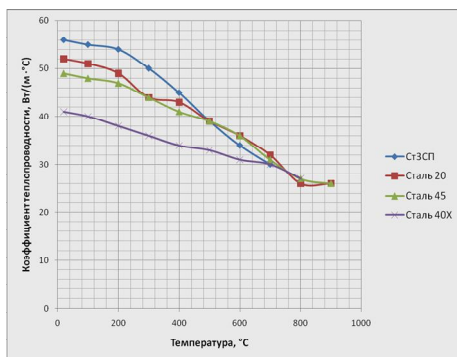


Рис.1 Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры, для различных марок стали.

одномерного температурного поля, метод эквивалентных тепловых схем), учитывалось непостоянство коэффициента теплопроводности в зависимости от температуры (рис. 1).

Проведенные эксперименты на матмоделе показали, что наилучшие значения теплового состояния получаются при использовании стали марки СтЗСП Сталь 20.

Таблица – 1 Сравнение максимальных значений температур

Марка стали	СтЗСП	Сталь 20	Сталь 45	Сталь 40X
Максимальный нагрев, °C	148	152	155	161

На основании анализа магнитного и теплового состояния материалов возможных к применению в качестве массивных сердечников статора и ротора наиболее оптимальной является сталь СтЗСП.

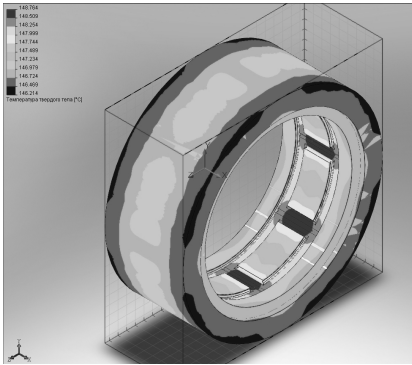


Рис.2. Распределение теплового поля ДКР, ротор не показан.

этого, выполнение этих окон, позволит облегчить механическое изготовление статора, при выполнении паза внутри сердечника и увеличит поверхность теплоотдачи. Так же замыкание магнитного потока будет происходить через катки и сердечник, а не через соседний полюс, что является негативным с точки зрения распределения силы одностороннего магнитного притяжения (рис. 3).

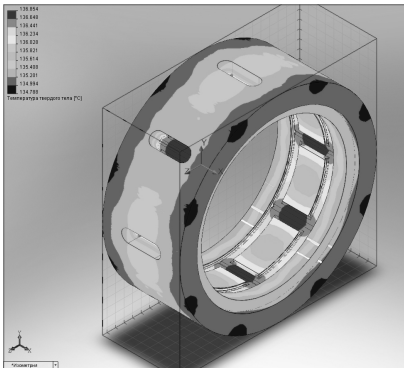


Рис. 3. Распределение теплового поля ДКР с вентиляционными окнами, ротор не показан.

После математического моделирования и получения картины распределения теплового поля, видно, что наиболее активно нагретым является место контакта двух обмоток. Это справедливо, т.к. все обмотки являются главными источниками тепловыделения, а сердечник теплоотводом. Для уменьшения максимума локального нагрева, было предложено, сделать в сердечнике статора вентиляционные окна, для непосредственного контакта активной части с окружающей средой. Помимо

**Выводы.** В результате исследования моделирования распределение теплового поля, выбрана оптимальная конструкция и марка стали для массивного сердечника двигателя с катящимся ротором. Применение марки стали Ст3ПС позволило уменьшить максимальный нагрев двигателя на  $13^{\circ}\text{C}$ , по сравнению с Сталь 40Х, а изготовление вентиляционных окон в сердечнике статора, уменьшило локальный нагрев на  $12^{\circ}\text{C}$ .

**Список источников литературы: 1. Авраменко А.А., Тищенко А.А., Масленников А.М.,** Выбор материала магнитопровода для электрических машин с катящимся ротором // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Зб. наук. праць. Тематичний вип.: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2010. – №36. – С. 3-8. **2. Журавлев В.Н., Николаева О.И.** Машиностроительные стали. Справочник. Изд. 3-е, М.: Машиностроение, 1981 – 391 с.



**Егоров Андрей Владимирович**, аспирант кафедры электрических машин. В 2009 г. защитил диплом магистра в Харьковском политехническом институте по специальности "Электрические машины и аппараты".

Ассистент кафедры электрических машин с 2009 г.

Научные интересы связаны с исследованием двигателей с катящимся ротором.



**Наний Виталий Викторович**, доцент, кандидат технических наук. Закончил в 1980 г. Харьковский политехнический институт по специальности "Электрические машины". В 1987 г. защитил диссертацию в Харьковском политехническом. На данный момент работает в НТУ "ХПИ" на должности доцента кафедры электрических машин. Научные интересы связаны с исследованием ДКР и совершенствованием их параметров.



**Юхимчук Владимир Данилович**, профессор, кандидат технических наук. Закончил в 1968 г. Харьковский политехнический институт по специальности "Электрические машины и аппараты". В 1980 г. защитил диссертацию в Харьковском политехническом институте. Работает в НТУ "ХПИ" на должности профессора кафедры электрических машин. Научные интересы связаны с исследованием ДПТ и их коммутации.



**Потоцкий Дмитрий Васильевич**, ассистент кафедры "Электрических машин". В 2009 г. закончил Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт" по специальности "Электрические машины и аппараты".

Научные интересы связаны с исследованием возможности применения наноматериалов в электрических машинах

*Поступила в редколлегию 14.12.2011  
Рецензент д.т.н., проф. Мильх В.И.*