

## **РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МЕХАНИЗМ ПОДАЧИ РАБОЧЕГО ОРГАНА БУРОВОГО СТАНКА**

**Волков А.А., Гилёв А.В., Шигин А.О.**

*ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 79), e-mail:office@sfu-kras.ru*

---

Изучены причины преждевременного износа и разрушения бурового инструмента при бурении пород со сложной структурой, с изменяющимися физико-механическими свойствами. Проведен анализ существующих конструкций механизмов подачи буровых станков. Разработан лабораторный стенд, включающий электромагнитную систему подачи, содержащую силовую статорную обмотку, а также дополнительную адаптивную статорную обмотку. Силовая статорная обмотка представляет собой цилиндрическую катушку, охватывающую ротор линейного двигателя. Адаптивная статорная обмотка представлена отдельными роторами, имеющими ограниченную свободу вращения. Произведен численный расчет силового взаимодействия магнитных полей. Разработанная схема линейного электромагнитного двигателя позволит создавать достаточное подающее усилие 200–300 кН, а также реагировать на ударные нагрузки, возникающие при бурении, частичным прокручиванием роторов адаптивной обмотки. Получена конструктивная схема, позволяющая спроектировать действующую электрическую машину.

---

Ключевые слова: разрушение бурового инструмента, сложноструктурные породы, адаптивная система подачи.

## **WORKING OUT OF EXPERIMENTAL INSTALLATION WITH THE ELECTROMAGNETIC FEEDER OF WORKING BODY OF THE CHISEL MACHINE TOOL**

**Shigin A.O., Gilev A.V., Volkov A.A.**

*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia (660041, Krasnoyarsk, Svobodny Prospect, 79), e-mail:office@sfu-kras.ru*

The reasons of premature deterioration and destruction of the chisel tool at drilling of breeds with difficult structure with changing physicommechanical properties are studied. The analysis of mechanisms of givings of chisel machine tools existing to a design is carried out. The laboratory stand including electromagnetic system of giving, containing power stator a winding, and also additional adaptive stator a winding is developed. Power stator the winding represents the cylindrical coil covering a rotor of the linear engine. Adaptive stator the winding is presented by the separate rotors having limited freedom of rotation. Numerical calculation of power interaction of magnetic fields is made. The developed scheme of the linear electromagnetic engine will allow to create sufficient submitting effort 200 – 300 kN, and also to react to the shock loadings arising at drilling, a partial scrolling of rotors of an adaptive winding. The constructive scheme is received, allowing to design operating an electric drive.

Key words: Destruction of the chisel tool, breed with difficult structure, adaptive system of giving.

При бурении свойства горной породы на забое скважины (условия бурения) меняются непрерывно случайным образом. Для поддержания оптимальных значений параметров режима требуется непрерывное или дискретное их регулирование, поэтому в общем случае условия бурения – случайный процесс.

Существующие конструкции механизмов подачи буровых станков не обеспечивают своевременного изменения режимов бурения, что приводит к быстрому износу и разрушению бурового инструмента. Это происходит из-за того, что переходные процессы,

связанные со стохастичным изменением крепости пород, длятся доли секунд, а в свою очередь взаимодействие существующих вращательно-подающих механизмов с системами управления характеризуется большой инерционностью процессов регулирования в связи с большим количеством механических промежуточных элементов. Это приводит к быстрому выходу из строя оснастки бурового инструмента [1].

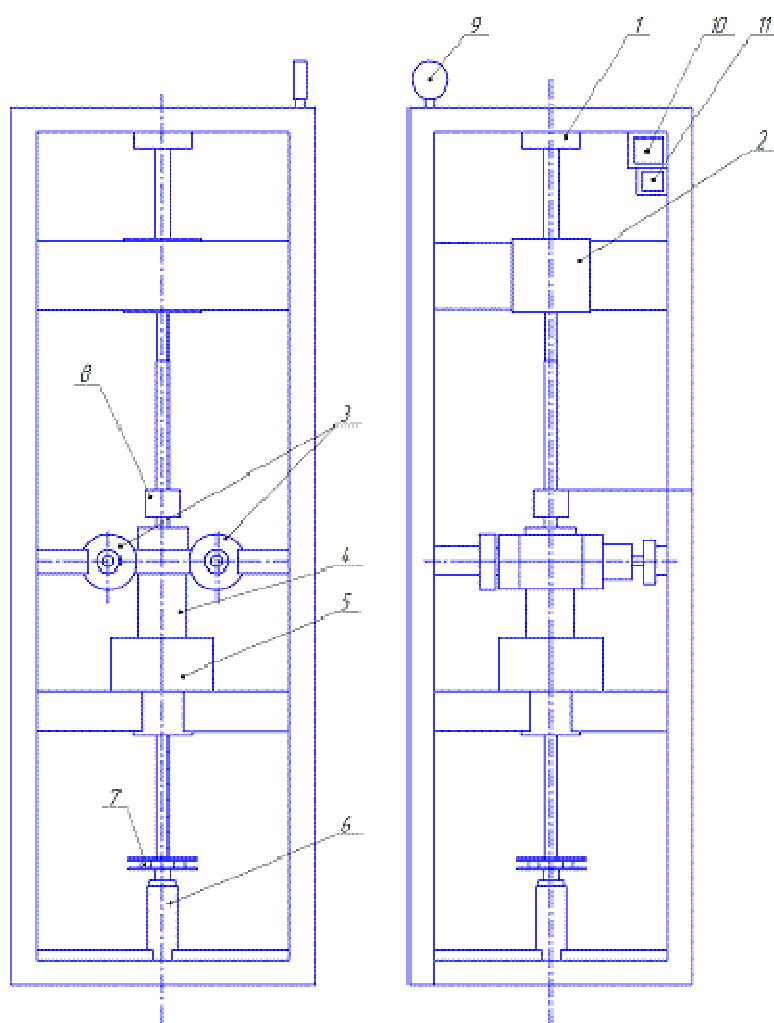
Для изучения изменяющихся физико-механических свойств породы был разработан лабораторный стенд, основанный на адаптивной системе подачи [2].

Целью создания опытной установки является необходимость практически проверить возможность использования в дальнейшем нового механизма подачи бурового инструмента, срабатывание его адаптивной системы при повышенных динамических нагрузках. Установка необходима для определения силовых характеристик данного варианта вращательно-подающего механизма и способности их изменения системой автоматического управления в зависимости от изменяющихся горно-геологических условий.

При разработке, изготовлении и внедрении новой конструкции необходимо учесть технические требования к буровым станкам, к которым относятся:

- повышение производительности бурения и обеспечение экономического эффекта;
- удобство управления и обслуживания при бурении и вспомогательных операциях;
- механизация трудоемких операций;
- обеспечение максимального коэффициента полезного действия;
- удобство транспортирования и монтажно-демонтажных операций;
- унификация с другими модификациями данного типоразмера;
- использование комплектующих изделий массового производства, выпускаемых другими отраслями промышленности;
- надежность в работе, долговечность узлов и деталей, удобство ремонта, сборки и разборки, замены быстроизнашивающихся элементов при минимально возможной металлоемкости;
- соответствие требованиям технической эстетики, эргономике и технике безопасности;
- использование минимальной номенклатуры материалов, подшипников, модулей зацеплений и шлицев в целях облегчения освоения серийного производства;
- наличие резервов дальнейшего совершенствования параметров и конструктивного устройства по мере появления новых комплектующих изделий.

Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке 1.

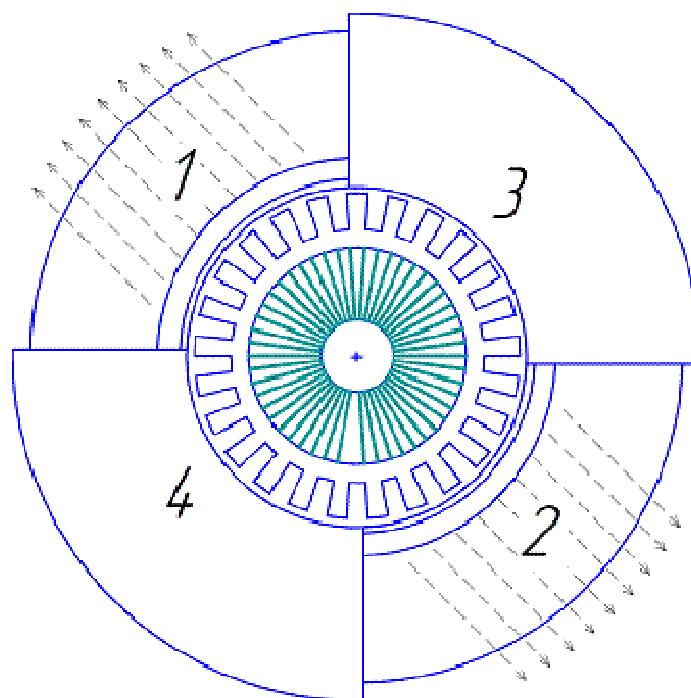


**Рисунок 1. Общий вид экспериментальной установки электромагнитного вращательно-подающего механизма:** 1 – подшипниковый узел; 2 – двигатель постоянного тока; 3 – два ротора адаптивной статорной обмотки; 4 – обмотка возбуждения; 5 – силовая статорная обмотка; 6 – измерительный гидроцилиндр; 7 – нижняя подшипниковая опора; 8 – коллектор; 9 – манометр; 10 – амперметр; 11 – вольтметр.

В качестве вращателя применен двигатель постоянного тока. Если подвести к обмоткам двигателя напряжение  $U$  от источника постоянного тока, то по обмотке якоря потечет ток  $I$ . В результате взаимодействия этого тока с магнитным полем на пазовых сторонах витка появятся электромагнитные силы  $F_{эм}$ , которые создадут на якоре электромагнитный момент  $M$ ; под его действием якорь начнет вращаться.

Коллектор и щетки в двигателе изменяют направление тока в обмотках якоря при переходе его пазовых сторон из зоны полюса одной полярности в зону полюса другой полярности. Это необходимо, чтобы направление электромагнитных сил не менялось.

Отдельного внимания заслуживает система подачи. Она представлена центральной обмоткой возбуждения 4, силовой статорной обмоткой 5, экранированной симметрично на две четверти, как показано на рисунке 2, и адаптивной статорной обмоткой 3.



**Рисунок 2. Силовая статорная обмотка в поле центральной обмотки возбуждения:**

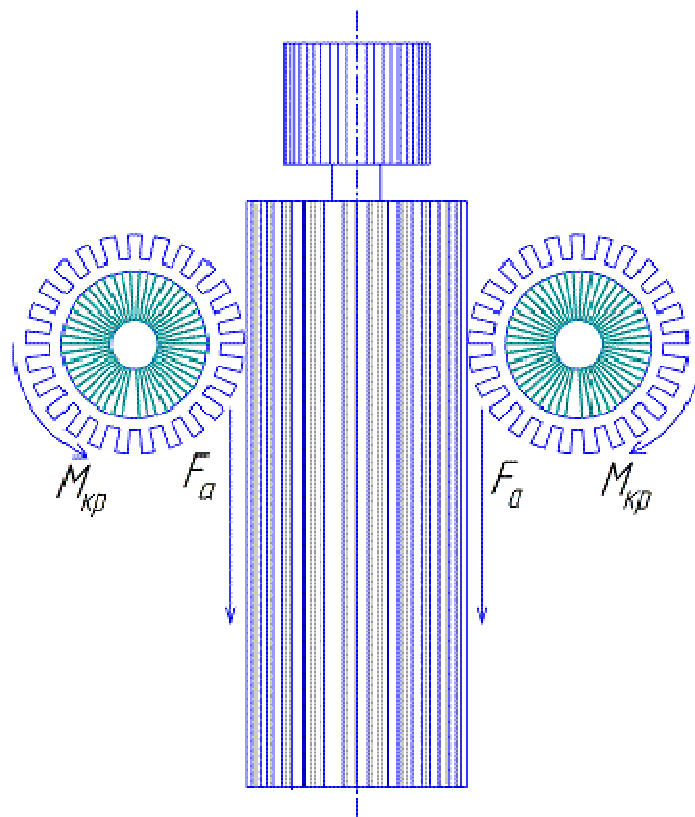
1, 2 – секторы силовой статорной обмотки, взаимодействующие с полем обмотки возбуждения; 3, 4 – экранированные секторы силовой статорной обмотки.

Как видно на рисунке 2, щеточный узел центральной обмотки возбуждения необходимо расположить так, чтобы поле в секторах 1 и 2 выходило из полюсов якоря. Это поле будет пересекать силовую статорную обмотку, по которой будет протекать ток от источника питания. На проводник с током (обмотку 3) в магнитном поле начнет действовать сила Ампера, которая будет направлена по направлению или к нам, или от нас в зависимости от направления тока. Однако в секторах 3 и 4 поле будет входить в полюса, а, следовательно, направление силы в этих секторах будет противоположно направлению силы в секторах 1 и 2, тем самым они будут друг друга компенсировать. Чтобы этого не происходило, секторы 3 и 4 обмотки 3 необходимо заэкранировать.

Так как силовая статорная обмотка жестко закреплена на раме, то в этом случае сила Ампера будет стремиться переместить центральную обмотку возбуждения вдоль своей оси, тем самым будет создаваться усилие подачи. Направление создаваемого усилия можно менять путем изменения направления тока в обмотке 3, а величина будет зависеть от тока в обмотках.

Создание усилия подачи взаимодействием центральной обмотки 4 с адаптивной статорной обмоткой 3 основано также на законе Ампера. Как видно на рисунке 3, магнитное поле центральной обмотки возбуждения, пронизывая прилегающую часть витков с током адаптивной статорной обмотки, создает силу Ампера, которая в свою очередь стремится

переместить вдоль оси центральную обмотку, а также за счет плеча между вектором силы и осью вращения роторов создает вращающий момент на них, который стремится повернуть роторы адаптивной статорной обмотки встречно друг другу. Но на валах этих роторов установлены регулируемые муфты предельного момента, которые не дают им повернуться. Когда динамический момент превышает предельный, установленный на муфтах, а это может случиться при динамических перегрузках, то роторы повернутся на величину полюсного деления, тем самым компенсируя ударные нагрузки. При очередном возникновении подобной ситуации цикл повторится снова.



**Рисунок 3. Конструкция адаптивного механизма подачи:**

$M_{кр}$  – крутящий момент, возникающий от взаимодействия поля обмотки возбуждения и адаптивной статорной обмотки, смещенной относительно оси горизонтально расположенного ротора;  $F_a$  – усилие подачи, возникающее от взаимодействия поля обмотки возбуждения и адаптивной статорной обмотки.

Разработанная конструкция лабораторного стенда обеспечивает: 1 – постоянное подающее усилие на забой; 2 – плавное и быстрое регулирование режима за счет возможности применения обратной связи и автоматического регулирования непосредственно тока в электродвигателе; 3 – адаптивная статорная обмотка создает дополнительное подающее усилие, за счет которого может без задержки и включения автоматики смягчать значительную ударную нагрузку.

*НИР выполнена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.*

### **Список литературы**

1. Видеман Е., Келленбергер В. Конструкции электрических машин. – Л. : Энергия, Ленингр. отд., 1972.
2. Гилев А.В., Шигин А.О. и др. Анализ исследований нагруженности и напряженного состояния рабочих органов буровых станков // Прикладные исследования и разработки по приоритетным направлениям науки и техники: конф. РАЕ; ноябрь, 2010. – 4 с.
3. Гилев А.В., Шигин А.О. и др. Адаптивная система подачи рабочих органов буровых станков // Фундаментальные исследования. – 2010. – № 11. – 4 с.
4. Гилев А.В., Шигин А.О. и др. Методы расчетов прочности при проектировании рабочих органов буровых станков // Современные наукоемкие технологии. – 2011. – № 1. – 3 с.
5. Китаев В.Е., Корхов Ю.М., Свиринов В.К. Электрические машины. Часть 1. Машины постоянного тока. Трансформаторы. – М. : Высшая школа, 1978.
6. Колосков В.Н. Безредукторный привод горных машин и механизмов. – Киев : Универс, 1993. – 271 с.
7. Шигин А.О. Основные принципы адаптивной системы подачи рабочих органов буровых станков // Вестник машиностроения. – 2011. – № 5. – 3 с.

### **Рецензенты:**

Крушенко Г.Г., д.т.н., профессор, Институт вычислительного моделирования СО РАН, г. Красноярск;

Михайлов А.Г., д.т.н., профессор, Институт химии и химической технологии СО РАН, г. Красноярск.