

УДК 621.791.75.042

Бережная Е. В., Гуцин А. М., Турчанин М. А.

ГИБКОПЕРЕНАЛАЖИВАЕМЫЙ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ НАПЛАВЛЕННЫХ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Недостаточный ресурс рабочих органов сельскохозяйственных и землеройно-транспортных машин во многом обусловлен преждевременным износом режущих элементов из-за наличия абразивной рабочей среды. Это приводит к изменению размеров, формы и состояния рабочих поверхностей, вызывая снижение функциональных качеств и производительности машин, а также возрастание вероятности их отказа [1]. Так, вследствие работы землеройно-транспортных машин в грунте, обуславливающим преждевременный износ режущих элементов рабочих органов, наблюдается увеличение силы резания на 60–200 % при резком снижении их производительности [2]. Низкий межремонтный ресурс сельскохозяйственных машин оказывает негативное влияние в агропромышленном комплексе. Так, интенсивный износ лемехов тракторных плугов, помимо увеличения стоимости их эксплуатации, влечет за собой большую потерю времени на технический уход за агрегатом при пахоте – на смену и оттяжку затупившихся лемехов [3].

Создание долговечных рабочих органов возможно с учетом их конструктивных, материаловедческих, технологических и эксплуатационных свойств. При этом основным информационным источником являются силовые и кинематические характеристики процесса взаимодействия «рабочий орган – грунт». Наиболее приемлемый вариант – натурные испытания в полевых условиях. Однако это требует значительных затрат, не всегда удается найти оптимальное решение из-за ограниченности номенклатуры деталей, невозможности соблюдения постоянства внешних условий. Обеспечение постоянной скорости движения орудия и постоянных свойств грунта является необходимым условием при организации и проведении многофакторных экспериментов [4]. При этом анализ материалов и конструктивных параметров рабочих органов необходимо проводить в условиях, максимально приближенных к реальным.

Цель работы – разработка триботехнического комплекса для имитационного моделирования процесса взаимодействия «рабочий орган – грунт», позволяющего рекомендовать для натурных испытаний оптимальные варианты конструктивных и технологических параметров элементов рабочих органов.

Принципиальная электрокинетическая схема разработанного гибкопереналаживаемого триботехнического комплекса для моделирования динамического воздействия грунта на материал (в том числе и наплавленный) детали (или ее полноценного фрагмента) включает в себя основание 1, на котором установлена магнитная система, состоящая из соленоида 2 и магнитопровода, включающего внутреннюю вертикальную часть 3 и горизонтальный элемент 4, а также наружные 5, 6, несущие рабочую емкость 7, выполненную из немагнитного материала (рис. 1). Замыкание магнитного потока (направление показано стрелками), возбуждаемого соленоидом 2, происходит через ванну 7, в корпусе 8 которой помещается абразив 8, состоящий из фракций различного размера, и магнитная жидкость 9, которая имеет свойство изменять свою вязкость, вплоть до отвердевания, в магнитном поле в зависимости от его напряженности. Соленоид 2 может быть запитан попеременно от двух источников тока.

Источник 10 предназначен для подачи на соленоид 2 постоянного напряжения, источник 11 – переменного с регулируемой частотой и скважностью.

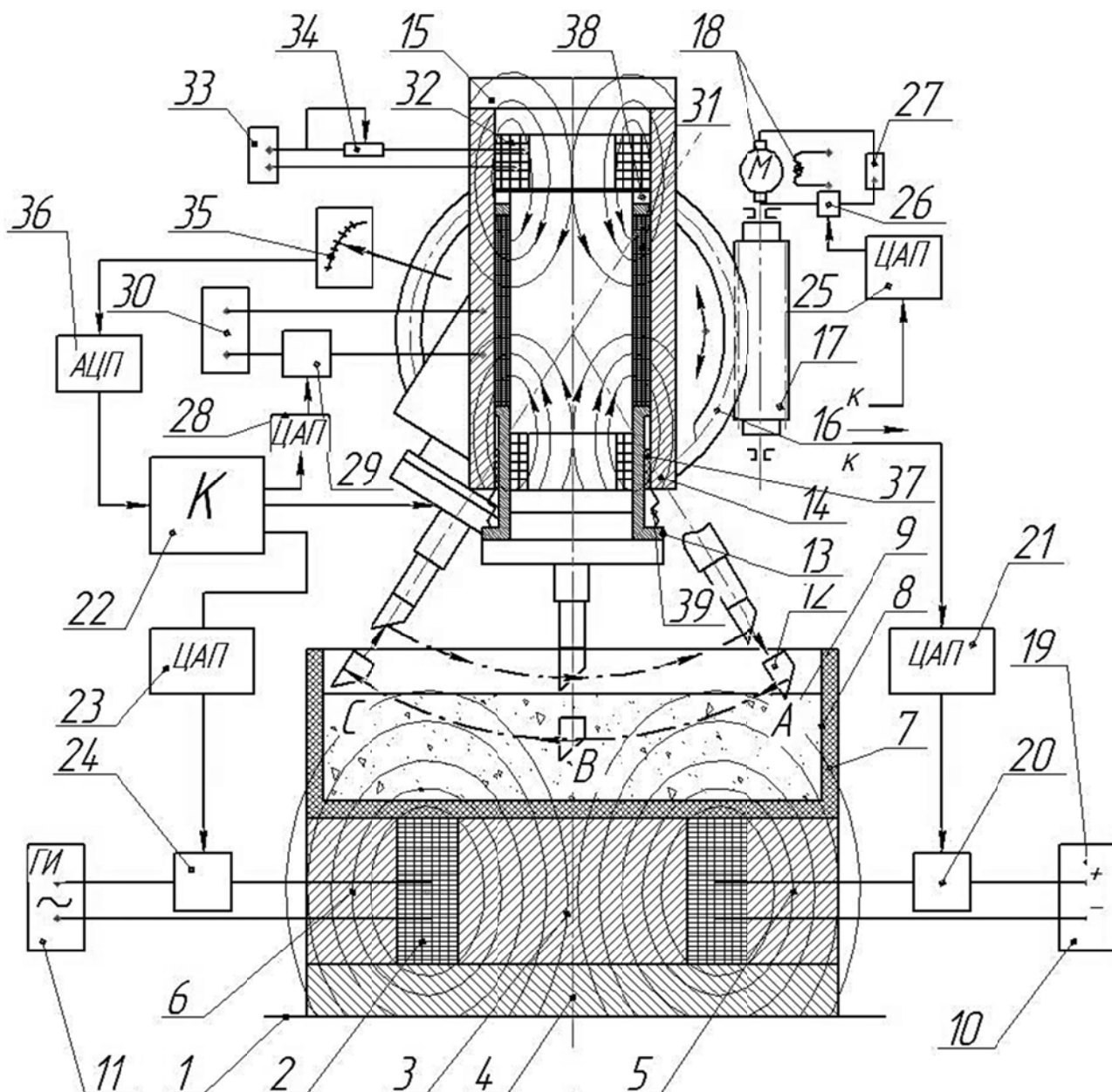


Рис. 1. Принципіальна електрокінетическа схема гнбкопереналаживаемоо триботехніческоо комплекса

Испытуемый на износ образец 12 закрепляется на якоре 13 линейного электрического двигателя, имеющего также магнитопровод, выполненный в виде наружного корпуса 14 и внутренней его части 15, по которой в возвратно-поступательном режиме может перемещаться якорь 13. Наружный корпус 14 линейного электрического двигателя прикреплен к устройству качания, состоящий из червячного колеса 16 и червяка 17, приводимого в движение электрическим двигателем 18 с регулируемой частотой вращения. В электрическое оснащение гибкопереналаживаемого комплекса входит источник питания 19, который через блок управления 20, с одной стороны электрически связан с обмоткой соленоида 2, а с другой, через цифро-аналоговый преобразователь 21 – с управляющим компьютером 22. Компьютер 22 программно управляет всей электрической составляющей триботехнического комплекса в гибкопереналаживаемом режиме. Так, через цифро-аналоговый преобразователь 23 и блок управления 24 открывается обмотка 2 для прохождения электрического тока с назначенной формой импульса и его длительностью от источника питания 11.

Управляющий компьютер 22 также обеспечивает в запрограммированном режиме необходимую частоту включения электродвигателя 18 через цифро-аналоговый преобразователь 25 и блок управления током 26 источника питания 27. Компьютер 22 управляет одновременно и силой тока через цифро-аналоговый преобразователь 28 и блок 29 источника 30 питания якорной обмотки 31 линейного электрического двигателя. Обмотка возбуждения 32 линейного электрического двигателя запитана от источника 33, в цепи которого предусмотрено устройство 34 для регулирования силы тока. Для синхронизации всей работы триботехнического комплекса в нем предусмотрен датчик 35 угла поворота линейного электрического двигателя относительно его вертикальной оси, причем сигнал от датчика 35 через аналого-цифровой преобразователь 36 поступает на вход компьютера 22, который и вырабатывает команды управления для всего комплекса. Для ограничения хода якоря 13 в обе стороны предусмотрены упоры 37 и 38, которые определяют величину рабочего хода последнего. Упор 38, к которому прижат торец якоря 13, определяет фиксированное положение его и исследуемого образца 12 до начала работы. Прижим осуществляется пружинами 39.

Гибкопереналаживаемый триботехнический комплекс работает следующим образом. Загружается рабочая емкость 7 твердым наполнителем 8 изначально выбранного состава, который должен соответствовать тем грунтам (с требуемыми физико-механическими и агрофизическими параметрами фона), с которыми и будет работать исследуемый объект в реальных условиях эксплуатации. В эту же рабочую емкость заливается магнитная жидкость, отличительными особенностями которой являются: способность намагничиваться во внешнем магнитном поле и принимать его форму; изменять свою вязкость, вплоть до отвердевания, в зависимости от величины напряженности магнитного поля. Целесообразность использования магнитной жидкости диктуется рядом ограничений, свойственных естественным грунтам (как было сказано выше) и искусственным. Опыт испытаний искусственного грунта в Национальной лаборатории почвообрабатывающих машин США [5] показывает необходимость учета возможного влияния на изнашивание рабочих органов используемых связующих (парафина, веретенного масла, этиленгликоля и др.), которые могут участвовать в формировании процессов изнашивания, не имеющих сходства с реальными условиями. Объемы рабочей среды «твердый наполнитель – жидкая фаза» определяются условиями и методикой проведения экспериментов, в которых предусматривается изменение физико-механических свойств среды, соответствующие различным временам года и погодным условиям вплоть до имитации условий криогенной текстуры грунта. Запрограммированный режим воздействия магнитного поля на магнитную жидкость позволяет моделировать инженерные испытания с учетом сопротивления мерзлых грунтов сдвигу по боковой поверхности образца 12 и природной ориентировки залегания разрабатываемой породы в массиве. В случае необходимости в рабочую среду добавляются катализаторы коррозии, имитирующие эксплуатацию рабочих органов в особо агрессивных средах. Настраивается датчик 35 на нужные углы поворота. Далее устанавливается и закрепляется в нужном положении испытуемый на износ образец 12. Включается источник 33 питания и регулировочным устройством 34 настраивается необходимая сила тока в обмотке 32 возбуждения линейного электрического двигателя. При прохождении тока в обмотке 32 в магнитопроводе возникает магнитный поток (обозначен стрелками), который пересекает обмотку 31 якоря 13. Вводятся в компьютер 22 программы, обеспечивающие широкопрофильное решение поставленных задач, включая имитацию широкого диапазона фона, уровней нагрузок, амплитуды и частоты перемещений образца. При включении компьютера 22 происходит реализация введенных программ в виде имитационного движения всех систем триботехнического комплекса. Команда компьютера 22, поступающая на цифро-аналоговый преобразователь 21, а затем на блок 20, открывает электрическую цепь для прохождения тока от источника 19 к обмотке соленоида 2, что создает магнитный поток, проходящий через весь магнитопровод, включая рабочую среду 9, придавая им нужную вязкость и сопротивляемость при прохождении сквозь нее испытуемого образца.

Сигнал от компьютера 22, проходящий через цифро-аналоговый преобразователь 28 и блок 29 устанавливает необходимую силу тока в якорной обмотке 31. При наличии электрического тока в якорной обмотке 31 и одновременно действующего на него магнитного потока возникает электродинамическая сила, величина которой определяется из выражения:

$$F=B \cdot I \cdot l, \quad (1)$$

где F – сила, действующая на проводник с током в магнитном поле, Н;

B – индукция магнитного поля, Тл;

I – сила тока в проводнике, А;

l – длина проводника, м.

Величина силы F выбирается из соображений достаточности её для преодоления сил действия пружин 39, удерживающих якорь 13 в исходном положении, и сил сопротивления, возникающих при погружении исследуемого образца 12 в рабочую среду на глубину, определяемую положением упора 38. Во время погружения образца 12 по команде компьютера 22 включается электрический двигатель 18 и приводит в движение червяк 17, а также червячное колесо 19, чем обеспечивается перемещение образца 12 в рабочей среде до расчётной точки С, где по сигналу датчика 35 выдается команда на подъем якоря 13 путем изменения направления тока в его обмотке 31 и происходит вывод образца 12 из рабочей среды. В этот же момент обмотка соленоида 2 отключается от источника 19 питания и подключается к генератору 11 импульсов. Такого рода действие необходимо для приведения рабочей среды 9 в исходное состояние путем наложения на неё знакопеременного магнитного поля, которое разрушает борозду, оставленную при прохождении образца из точки А в точку С. Перевернутый в точку А образец 12 вновь возвращается в рабочую среду 9, для чего реверсируется направление тока в обмотке 13 якоря линейного электрического двигателя. Затем процесс повторяется до завершения эксперимента.

ВЫВОДЫ

Разработан гибкоперенастраиваемый триботехнический комплекс, позволяющий обеспечить проведение исследований по определению износостойкости режущих поверхностей наплавленных рабочих органов почвообрабатывающих машин с максимальным приближением к реальным условиям работы, а также решать ряд задач по повышению долговечности и эксплуатационной стойкости режущих элементов и оценить влияние на их ресурс конструктивных, материаловедческих, технологических и эксплуатационных свойств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тененбаум М. М. *Сопротивление абразивному изнашиванию* / М. М. Тененбаум – М. : Машиностроение, 1976. – 215 с.
2. Венцель Е. С. *О взаимосвязи ресурса и износа ножей автогрейдеров при выполнении рабочих операций* / Е. С. Венцель, А. В. Щукин, В. И. Скапович // *Проблемы трибологии*. – 2013. – № 2. – С. 66–72.
3. Погорельый Л. В. *Инженерные методы испытаний сельскохозяйственных машин* / Л. В. Погорельый – К. : Техніка, 1991. – 156 с.
4. Кугель Р. В. *Испытания на надежность машин и их элементов* / Р. В. Кугель – М. : Машиностроение, 1982. – 181 с.
5. Balla V. *Skusani odolnosti ostria poduspracujucich nastavov proti abrazivnemu opotrebeniu*. / V. Balla, P. Seckar, M. Marko // *Zemledelska Technika*, 1996. – Vol. 22. – № 22. – S. 359–366.