

УДК 621.899

Ресурсосберегающая технология и технические средства восстановления эксплуатационных свойств смазочно-охлаждающих жидкостей

Resource-saving technology and technical devices for restoring of operational features of lubricating and cooling fluids

В. И. ЧАРЫКОВ, д-р техн. наук
С. А. СОКОЛОВ, канд. техн. наук
А. А. ЕВДОКИМОВ, инж.

Курганская государственная сельскохозяйственная академия, Курган, Россия,
rectorat@mail.ksaa.zaural.ru

V. I. CHARYKOV, DSc in Engineering
S. A. SOKOLOV, PhD in Engineering
A. A. EVDOKIMOV, Engineer

Kurgan State Agricultural Academy,
Kurgan, Russia,
rectorat@mail.ksaa.zaural.ru

Разработка и создание ресурсосберегающих машин и технологий для очистки смазочно-охлаждающих жидкостей — одна из главных задач на сегодняшний день. Предметом исследования служат закономерности процессов очистки смазочно-охлаждающих жидкостей от металломагнитных частиц в электромагнитном сепараторе, разработка технических средств и технологии электромагнитной очистки смазочно-охлаждающих жидкостей. Существующие способы и методы очистки смазочно-охлаждающих жидкостей весьма энергоемки, требуют сложных и дорогостоящих установок, имеют низкую производительность и не позволяют получить высокую степень очистки от металломагнитных частиц. По результатам анализа существующих конструкций в Курганской государственной сельскохозяйственной академии разработан электромагнитный сепаратор под условным названием УМС-4М, предназначенный для очистки жидких материалов от металломагнитных включений. Отличительная особенность установки заключается в том, что для извлечения металломагнитных частиц используются концентраторы магнитного поля, позволяющие создать высокоградиентное неоднородное магнитное поле. Зона сепарации расположена в замкнутом контуре, работающем на постоянном токе. Сепаратор устанавливается в технологическую линию по очистке смазочно-охлаждающих жидкостей. Разработаны новые конструктивные технические средства — сетчатые концентраторы неоднородного магнитного поля, которые позволяют обеспечить эффективность очистки от металломагнитных частиц до 98 % при производительности установки до 40 л/ч. Предложена схема технологической линии очистки смазочно-охлаждающей жидкости для предприятий агропромышленного комплекса. Основу технологической линии составляют электромагнитный сепаратор и накопительные емкости для сбора очищаемой, очищенной и свежей смазочно-охлаждающей жидкости.

Ключевые слова: электромагнитный сепаратор; смазочно-охлаждающая жидкость; очистка; концентратор; металломагнитная частица; резервуар; технологическая линия.

Today, one of the main tasks is to develop and create resource-saving machines and technologies for cleaning of lubricating and cooling fluids. The subjects of research are regularities of processes of cleaning of these fluids from metal magnetic particles in an electromagnetic separator, development of technical means and technologies of the electromagnetic cleaning of lubricating and cooling fluids. Existing techniques and methods for cleaning of lubricating and cooling fluids are very energy-intensive. They require complex and expensive installations, have low productivity and do not allow to obtain a high degree of cleaning from metal magnetic particles. According to the analysis of existing constructions, the electromagnetic separator UMS-4M (VMC-4M) designed for cleaning of fluid materials from metal magnetic impurities has been developed in the Kurgan State Agricultural Academy. The distinctive feature of this installation is that for extracting of metal magnetic particles, the magnetic field concentrators are used. They enable to create high-gradient inhomogeneous magnetic field. The separation zone is located in closed contour of direct-current. The separator is installed on the process line for cleaning of lubricating and cooling fluids. New constructive technical devices are developed. These are netlike concentrators of inhomogeneous magnetic field which help to ensure efficiency of cleaning from metal magnetic particles up to 98 %; the installation performance is 40 l/h. The scheme of the process line for cleaning of lubricating and cooling fluid for enterprises of agroindustrial complex is proposed. The base of the process line consists of the electromagnetic separator and storage tanks to collect lubricating and cooling fluids.

Keywords: electromagnetic separator; lubricating and cooling fluid; cleaning; concentrator; metal magnetic particles; tank; process line.

Введение

В процессе эксплуатации изменяются первоначальные размеры и качество деталей и узлов сельхозмашин, из-за чего их работоспособность частично или полностью утрачивается.

Тракторы работают в самых тяжелых и неблагоприятных условиях эксплуатации, которые характеризуются:

— широким диапазоном климатических факторов — температура воздуха от -40 до 40 °С, влажность от 54 до 81 %;

— большой запыленностью воздуха (от 0,05 до 1 мг/м²) и большим количеством абразива в почве;

— большой динамической нагрузкой на агрегаты вследствие больших и нестабильных сопротивлений почвы и случайного характера нагружения.

Следствием воздействия этих факторов становится резкое увеличение износов агрегатов и узлов трактора, возрастание потока поломок и отказов. В этих сложных условиях сохранение работоспособности тракторов и сельхозмашин и их эффективное использование воз-

можно только при применении научно обоснованных методов технического обслуживания и ремонта.

При ремонте и восстановлении деталей применяется в основном механическая обработка с помощью лезвийных инструментов.

При механической обработке наружных цилиндрических поверхностей используют точение, шлифование, притирку, полирование. Внутренние цилиндрические поверхности обрабатывают сверлением, развертыванием, растачиванием, притиркой, хонингованием, шлифованием, протягиванием. Плоские поверхности — строганием, полированием, фрезерованием, опилованием, шабрением, шлифованием. Эти операции выполняются на токарных, фрезерных, сверлильных и шлифовальных станках.

Производительность, например, токарного станка ограничивается стойкостью режущего инструмента. Для повышения стойкости инструмента при обработке металлов резанием следует пользоваться охлаждающими и смазочно-охлаждающими жидкостями (СОЖ).

Цель исследования

Цель исследования состоит в разработке технических средств и технологии электромагнитной очистки СОЖ.

Материалы и методы

Возрастающие требования к точности изготовления и ремонта деталей связаны с важнейшей проблемой рациональной эксплуатации СОЖ. Это один из главных факторов увеличения производительности и обеспечения высокого качества продукции. Также следует отметить, что СОЖ играют существенную роль в технологических процессах механической обработки, обеспечивая теплоотвод в зоне резания, что способствует увеличению ресурса режущего инструмента и повышению скорости резания. Нанесение смазывающей пленки между режущим инструментом, стружкой и обрабатываемой деталью приводит к снижению износа и повышению качества обработки поверхностей [1, 2].

В рамках технологического процесса механической обработки порядка 10—20 % СОЖ расходуется на безвозвратные потери — испарение, проливы, унос или утечки. Оставшаяся часть отработавших жидкостей может стать непригодной для повторной эксплуатации без дополнительной обработки, поскольку в большинстве случаев подвержена комплексу сложных физико-химических изменений в результате термических и химических воздействий или механических загрязнений.

Опыт эксплуатации СОЖ показывает, что характер их изменений в результате использования при механической обработке может варьироваться от простого механического загрязнения внешними примесями или внутренними продуктами износа до глубоких химических превращений, ухудшающих эксплуатационные свойства СОЖ. Характер таких изменений зависит от особенностей технологического оборудования, режимов обработки, а также от состава и режима циркуляции СОЖ.

После цикла использования СОЖ подвергаются обязательной очистке от металломагнитных примесей, после чего производится анализ их физико-химических

свойств. Как правило, СОЖ со значительными химическими изменениями заменяются свежими, с незначительными — частично разбавляются [2].

Использование очищенных или регенерированных СОЖ позволяет обеспечить эффективное удаление загрязнений из рабочей зоны (стыка между обрабатываемой деталью и режущей кромкой рабочего инструмента), предотвратить повреждение обрабатываемых поверхностей и препятствовать образованию наростов на режущей кромке инструмента, в результате чего повышается чистота поверхности и продлевается рабочий ресурс режущего инструмента.

Существующие методы очистки СОЖ весьма энергоемки, требуют сложных и дорогостоящих установок, имеют низкую производительность и не позволяют получить высокую степень очистки от металломагнитных частиц.

Наиболее перспективный способ очистки СОЖ — сепарирование. Его недостаток заключается в низком качестве очистки от малых металломагнитных частиц из-за конструкционного исполнения устройств, не позволяющих очищать СОЖ в пределах всего рабочего канала (желоба) установки.

На сегодняшний день используется несколько различных способов очистки технологических жидкостей, при этом их выбор определяется составом СОЖ, характером и степенью их загрязнения, а также требованиями к степени очистки и особенностями технологического процесса, такими как гранулометрический состав примесей, расход СОЖ, кратность циркуляции, температура и др. При этом в большинстве случаев очистка основывается на физических (в редких случаях — на физико-химических) методах.

В рамках технологических процессов очистки СОЖ на машинно-технологических станциях (МТС) применяются методы осаждения, флотации, фильтрации, центрифугирования и сепарации.

При осаждении загрязняющих примесей в основу технологического процесса положена сила тяжести. Данный метод применяется, как правило, в целях предварительной очистки. Используются специальные емкости — отстойники, включаемые в схему подачи СОЖ в условиях установившегося потока. Процесс осаждения позволяет упростить последующие стадии очистки СОЖ. Оценка эффективности процесса осаждения производится по критериям полноты очистки и скорости осаждения частиц, определяемой в соответствии с уравнением Стокса. Метод наиболее эффективен в том случае, если плотность загрязняющих частиц выше плотности очищаемой жидкости.

При очистке СОЖ методом флотации используется свойство соединения загрязняющих частиц с пузырьками воздуха или легкими частицами (например с небольшими включениями масла в эмульсии), в результате чего они поднимаются к поверхности емкости, где можно произвести их механическое удаление из СОЖ с использованием специального приспособления. Данный метод, особенно с применением пропускания воздуха через раствор СОЖ, эффективен для удаления неметаллических примесей, плотность которых сопоставима или меньше плотности очищаемой СОЖ.

Очистка методом фильтрации позволяет удалять из жидкостей любые механические примеси вне зависи-

мости от их происхождения или физико-химических свойств. Метод характеризуется также отсутствием (в большинстве случаев) необходимости прерывания установившегося потока СОЖ, используемого в технологическом процессе механической обработки. Степень очистки регулируется размерами пропускающих ячеек фильтрующих элементов и количеством ступеней очистки. Наибольшую степень и скорость очистки обеспечивают фильтры, работающие под давлением.

Эффективность фильтрации СОЖ оценивается по степени очистки, определяемой отношением массовой доли задержанных системой фильтрации частиц к общей массе загрязнения, а также потерями давления циркуляционной системы в модуле фильтрации. Недостатки метода заключаются в необходимости частой замены или промывки фильтрующих элементов, а также значительных потерях напора СОЖ, что приводит к повышению мощности насосов системы циркуляции с пропорциональным увеличением стоимости оборудования и энергетических затрат.

Очистка СОЖ методом центрифугирования с точки зрения физики процесса представляет собой, в зависимости от конструкции применяемого оборудования, осаждение или фильтрование дисперсной системы загрязненной СОЖ под действием центробежных сил. В том и другом случаях процесс центрифугирования обладает соответствующими преимуществами и недостатками, свойственными осаждению или фильтрованию, при этом оборудование может иметь циклический или непрерывный тип действия.

Центрифугирование характеризуется рядом ключевых технологических параметров, которые определяют кинетику процесса, — это фактор разделения, т. е. величина, характеризующая интенсивность центробежного поля, скорость центрифугирования, а также степень (или производительность) очистки.

В ходе предыдущих исследований [4] разработаны теоретические предпосылки и способ очистки СОЖ электромагнитным полем. С целью изучения процесса очистки СОЖ электромагнитным полем в лаборатории кафедры электрификации и автоматизации сельского хозяйства Курганской ГСХА разработана и изготовлена экспериментальная установка электромагнитного сепаратора, защищенная патентом РФ на изобретение № 2516608.

На основе анализа существующих установок по очистке СОЖ предложена конструкция электромагнитного сепаратора УМС-4М (рис. 1), технические характеристики которого приведены ниже.

Технические характеристики сепаратора УМС-4М

Производительность, л/ч	100—120
Напряжение переменного тока, подаваемое на выпрямительное устройство, В	220
Напряжение постоянного тока, подаваемое на катушки намагничивания, В	198
Магнитная индукция на концентраторах, мТл	100—130
Периодичность очистки, ч	2—3
Угол наклона магнитной системы, град.	0—45
Масса сепаратора, кг	45

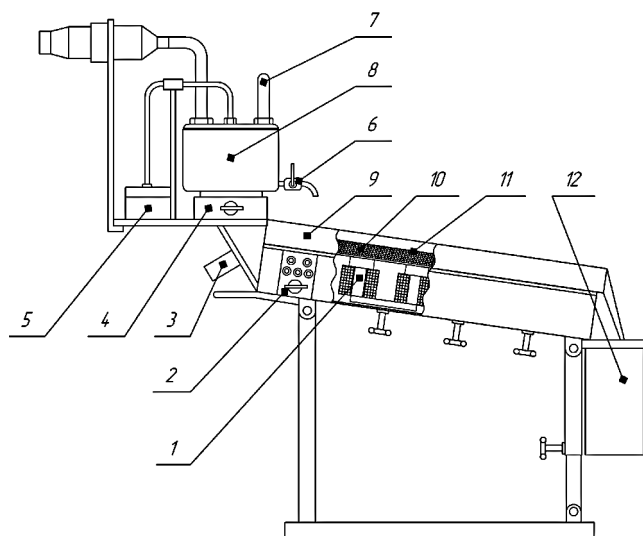


Рис. 1. Схема электромагнитной установки:

1 — магнитный блок; 2 — пульт управления; 3 — промежуточное реле; 4 — нагреватель; 5 — мешалка; 6 — вентилятор; 7 — термометр; 8 — бак для жидкости; 9 — лоток; 10 — концентраторы; 11 — магнитопровод; 12 — сборник для жидкости

Электромагнитный сепаратор работает следующим образом [3—5]. При подаче постоянного напряжения на катушки П-образных электромагнитов на концентраторе магнитного поля, выполненном в виде магнитного фильтра, за счет полюсных наконечников создается неоднородное магнитное поле с высоким значением магнитной индукции, и зона сепарации пронизывается по всей длине и ширине рабочего канала (желоба) магнитным потоком. Сепарируемая жидкость подается в зону сепарации и протекает равномерным слоем по концентратору магнитного поля. В зоне сепарации магнитные и немагнитные частицы притягиваются к полюсу в направлении сходимости магнитных силовых линий и оседают в магнитном фильтре за счет плотно спрессованных ферромагнитных сеток. Очищенная жидкость поступает в приемник. Фильтр очищают от магнитных и немагнитных частиц путем их смывания водой после сепарации. Управление установкой осуществляется при помощи пульта.

Для экспериментальных исследований разработаны и изготовлены сменные однотипные концентраторы магнитного поля (рис. 2). Они представляют собой набор плоских металломангнитных сеток, расположенных параллельно рабочему каналу. Геометрические размеры концентратора магнитного поля соответствуют форме рабочего канала: длина $l = 450$ мм, ширина $a = 100$ мм, высота $h = 20$ мм.

Тип установки — передвижной, ее можно устанавливать как в машинно-тракторной мастерской, так и непосредственно на пункте технического обслуживания сельхозтехники.

Результаты и их обсуждение

Линия регенерации СОЖ представлена на рис. 3. Проводимая на районных МТС очистка СОЖ предполагает их накопление в специальном резервуаре и от-

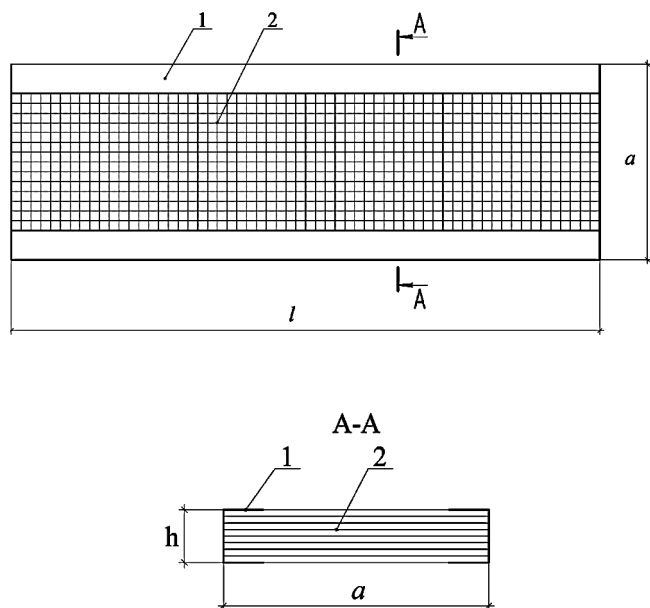


Рис. 2. Схема концентратора магнитного поля:

1 — металлический корпус; 2 — стальная сетка

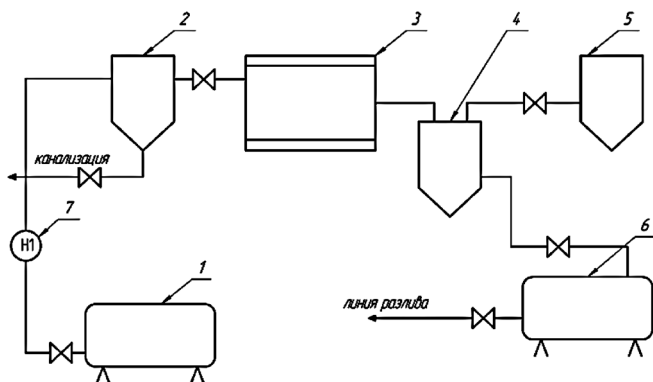


Рис. 3. Схема регенерации СОЖ:

1 — резервуар для хранения СОЖ; 2 — емкость для отстаивания; 3 — электромагнитный сепаратор; 4 — емкость для обогащения очищенной СОЖ; 5 — емкость для свежей СОЖ; 6 — резервуар для хранения восстановленной СОЖ; 7 — насос

стаивание с последующей сепарацией в электромагнитном сепараторе УМС-4М. Затем проводится обогащение регенерированной СОЖ.

Учитывая, что срок службы СОЖ не превышает 30 дней, данную технологию можно считать ресурсосберегающей, а способ очистки в электромагнитном поле — достаточно экономичным [6]. Функционально-статистический анализ показал, что электромагнитный сепаратор УМС-4М не содержит признаков функциональной недостаточности. Экономическая эффективность предлагаемой технологии очистки СОЖ достигается благодаря снижению технологической себестоимости, повышению производительности технологического процесса и эффективности (качества) очистки СОЖ.

Годовой экономический эффект от внедрения электромагнитного сепаратора УМС-4М в циркуляционные системы станков ООО "Курганский метизный за-

вод "Сибмаш" (г. Курган) составил 48 тыс. руб. (в ценах 2014 г.) при сроке окупаемости капиталовложений 1,5 года.

Выводы

Предложен электромагнитный сепаратор УМС-4М для очистки СОЖ, защищенный патентом РФ на изобретение № 2516608. Разработаны новые конструктивные средства — сетчатые концентраторы неоднородного магнитного поля, обеспечивающие эффективность очистки от металломагнитных частиц до 98 % при производительности установки до 40 л/ч. Предложена схема технологической линии очистки СОЖ для предприятий агропромышленного комплекса (с.-х. производственных комбинатов, МТС и др.).

Литература и источники

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под ред. С. Г. Энтелеса, Э. М. Берлинера. М.: Машиностроение, 1995. 496 с.
2. ГОСТ 6370—83. Нефть, нефтепродукты и присадки. Методы определения механических примесей. М.: Стандартинформ, 2006. 12 с.
3. Чарыков В. И., Митюнин А. А., Евдокимов А. А. Механизм разделения сыпучих продуктов сельскохозяйственного назначения на магнитную и немагнитную фракцию в сепараторе с наклонной рабочей зоной // Вестник АГАУ. 2013, № 11 (109). С. 94—98.
4. Чарыков В. И., Евдокимов А. А., Соколов С. А. Теоретический анализ работы электромагнитного сепаратора УМС-4М // Вестник Ульяновской ГСХА. 2014, № 1 (25). С. 146—152.
5. Чарыков В. И., Евдокимов А. А., Митюнин А. А. Восстановление трансформаторных масел системами УМС. Теоретический аспект // Энергетика в современном мире: Мат-лы 5-й Междунар. науч.-практ. конф. Чита, 2011. С. 61—64.
6. Фомин С. Ф. Справочник мастера токарного участка. М.: Машиностроение, 1964. 297 с.

References

1. *Smazhno-okhlazhdayushchie tekhnologicheskie sredstva dlya obrabotki metallov rezaniem* [Lubricating and cooling technological means for metal cutting]. Under the editorship of S. G. Entelis, E. M. Berliner. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1995, 496 p.
2. *GOST 6370—83. Oil, oil products and additives. Methods for determination of mechanical impurities.* Moscow, 2006, 12 p.
3. Charykov V. I., Mityunin A. A., Evdokimov A. A. Mechanism of loose agricultural products separation into magnetic and non-magnetic fractions in separator with inclined operating area. *Vestnik AGAU*, 2013, no. 11 (109), pp. 94—98 (in Russ).
4. Charykov V. I., Evdokimov A. A., Sokolov S. A. Theoretical analysis of work of electromagnet separator UMS-4M. *Vestnik Ulyanovskoy GSKhA*. 2014, no. 1 (25), pp. 146—152 (in Russ).
5. Charykov V. I., Evdokimov A. A., Mityunin A. A. Transformer oils recovery by UMS systems. The theoretical aspect. *Energetika v sovremennom mire: Mat-ly 5 Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Energy in modern world. Proc. of the 5th Int. sci. and pract. conf.]. Chita, 2011, pp. 61—64 (in Russ).
6. Fomin S. F. *Spravochnik мастера tokarnogo uchastka* [Handbook for turning shop master]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1964, 297 p.