

1. Качаченко, Г.А., Константинов, В.М./Электрохимико-термическая обработка крепежных элементов почвообрабатывающих машин / *Металлургия: Респуб. межвед. сб. науч. тр. Вып. 31.* – Минск: БИГУ, 2008. – С. 358–371.
2. Метод термоциклической обработки металлических материалов / В.К. Федюкин. – Л.: Знание, 1979. – 24 с.
3. Диффузия по границам зерен и фаз / И. Каур, В. Густ. – М.: Машиностроение, 1991. – 448 с.
4. Неравновесные границы зерен в металлах. Теория и приложения / В.Н. Чувильдесв. – М.: Физматлит, 2004. – 304 с.
5. Физические основы электротермической обработки металлов и сплавов / И.Н. Клидин. – М.: Metallurgiya, 1969 – 376 с.
6. Гурьев, А.М., Ворошин, Л.Г. Циклическое тепловое воздействие при термической и химико-термической обработке инструментальных сталей / *ФПСМ: АГТУ.* – Вып. № 3 – 2005. – С. 37–46.

УДК 620.22(07):631.3(075.8)

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СОЗДАНИИ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ

*Капцевич В.М., д.т.н., профессор; Толочко Н.К., д.ф.-м. н., профессор*  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,*  
*г. Минск*

Современная сельхозтехника характеризуется наличием разнообразных систем автоматического управления, повышающих эффективность ее функционирования. В последние годы все больше внимания уделяется созданию так называемой интеллектуальной сельхозтехники, способной обеспечивать автоматическое управление своей работой путем соответствующего реагирования на изменения условий эксплуатации и технического состояния. Её ведущими производителями являются фирмы John Deere (США), JCB (Великобритания), Bernard Krone Maschinenfabrik, Grimme Landmaschinenfabrik, Rauch Landmaschinenfabrik, Lemken, CNH Deutschland, CIAAS Vertriebsgesellschaft (Германия), Pöttinger (Австрия), ARAG (Италия) и др. Ниже приводится краткое описание некоторых образцов интеллектуальной сельхозтехники [1–4].

В тракторах применяется гидропневматическая подвеска колес, которая поддерживает установленную высоту кузова над землей независимо от нагрузки, а также равномерно распределяет нагрузку на колеса, создает оптимальные условия для работы шин на всех колесах, обеспечивает плавный ход и улучшает сцепные качества колес с почвой.

В косилках применяется гидропневматическая система снижения нагрузки на косилку с автоматической регулировкой опорного давления, ко-

торая поддерживает постоянное опорное давление элементов косилки при волнистом рельефе и варьирующейся скорости движения, что способствует улучшению адаптации косилки к рельефу при большой ширине захвата и большой массе.

В зерноуборочных комбайнах используется система регулировки скорости комбайна в соответствии с величиной потока убираемой массы. Система измеряет количество поступающей массы на жатке и подающем шнеке путем изменения натяжения приводного ремня, после чего задается определенная рабочая скорость машины, соответствующая оптимальным возможностям жатки. Если поток убираемой массы возрастает, то скорость движения комбайна снижается, и наоборот, она может возрастать, когда количество зерновых уменьшается. На переезде или развороте натяжение приводного ремня автоматически ослабляется. Благодаря регулировке производительности предотвращается чрезмерная нагрузка на молотилку. Кроме того, в зерноуборочных комбайнах с помощью датчиков уровня наклона жатки по отношению к комбайну и связанных с ними регуляторов положения жатки обеспечивается поддержание заданной высоты среза на неровных полях при работе жатки на всю ширину.

В центрифугальных разбрасывателях удобрений с помощью встроенной метеостанции регистрируются текущие характеристики ветра (сила, направление) в зоне шлейфа разбрасывания, а с помощью механизма переключения изменяется частота вращения тарелок и точка сброса удобрений в зависимости от сорта удобрений, что позволяет снизить нежелательное влияние бокового ветра на качество работы разбрасывателей.

В измельчителях применяется система автоматического регулирования скорости тянущего трактора в зависимости от мощности вала благодаря применению ультразвукового сенсорного устройства, определяющего форму вала, и сенсора крутящего момента на измельчающем роторе. Подобным образом в рулонных пресс-подборщиках обеспечивается автоматическое регулирование скорости тянущего трактора в зависимости от загрузочной способности пресс-подборщика, а в картофелеуборочных машинах – в зависимости от скольжения ботвичной ленты и загрузки сепаратора.

В сошниках благодаря автоматическому регулированию давления на основе данных о его изменении, регистрируемых с помощью сенсора на заглубляющем ролике, обеспечивается заданная глубина укладки семян, что важно для их надежного прорастания.

В сушилках осуществляется автоматическое регулирование мощности на основе измерения таких показателей, как температура, влажность зерна и влажность воздуха.

При работе посевных агрегатов с катками большого диаметра, особенно на песчаных почвах, может происходить сдвиг почвы с образованием складок или поперечных валов. Во избежание этого проводится измерение

скорости движения агрегата и ее сравнение с числом оборотов катка. Если при образовании земельного наноса каток начинает пробуксовывать, включается антипробуксовочная система, в результате чего нагрузка временно переносится на задние колеса трактора и/или на ходовую часть навесного устройства, пока буксование не прекратится. Как следствие, обеспечивается равномерное заглубление и безаварийная работа с равномерной потребностью в тяговой силе. Подобная проблема имеет место в работе зерноуборочных комбайнов, которые, будучи снабженными приводом всех колес традиционной конструкции, испытывают значительные трудности при движении на склонах и на почвах со слабой несущей способностью, так как колеса могут пробуксовывать, сильно повреждая почву. Для решения этой проблемы при пробуксовке колес одного из мостов с помощью электрогидравлической регулировки происходит перераспределение крутящего момента на колеса с лучшим сцеплением с почвой. При этом различие размеров шин на осях учитывается электронной системой.

Существуют различные технические подходы к проектированию интеллектуальной сельхозтехники, основанные на применении различных по назначению и принципу действия автоматических систем управления, включая системы программно-логического управления. В последние годы, в связи с развитием точного земледелия, для управления работой сельхозтехники все шире используются спутниковые системы навигации, геоинформационные системы, а также специальные сенсорные и исполнительные системы.

Одним из наиболее перспективных направлений создания интеллектуальной сельхозтехники является применение интеллектуальных материалов и, соответственно, интеллектуальных устройств, изготавливаемых на их основе [5].

Интеллектуальные материалы (ИМ) -- это разнообразные по химическому составу, структуре и агрегатному состоянию материалы, которые объединяет проявление свойств, значительно (обратимо или необратимо) изменяющихся в соответствии с изменением условий внешней среды или изменением их внутреннего строения. Такие материалы способны контролируемым образом реагировать на внешние или внутренние воздействия, обеспечивая тем самым возможность выполнения ими определенных функций и, как следствие, работоспособность изготовленных на их основе устройств в изменившихся условиях. Они также способны адаптироваться к новым условиям и самостоятельно регулировать степень своей реакции на новые условия в соответствии с уровнем их изменения.

ИМ по виду выполняемых функций, определяющих их практическое применение, подразделяются на два основных типа: пассивные и активные. Пассивные ИМ (материалы-сенсоры) способны реагировать на внешние или внутренние факторы, что позволяет использовать такие ИМ для

создания различных устройств контроля и индикации. Активные ИМ (материалы-актуаторы), реагируя на внешние или внутренние факторы, способны оказывать непосредственное влияние, соответственно, как на внешнюю среду, так и на свое внутреннее состояние, что позволяет использовать такие ИМ для создания различных исполнительных устройств (регуляторов, преобразователей, приводных механизмов и т.п.). ИМ в ответ на действие внешних или внутренних факторов могут характеризоваться проявлением эффектов изменения размеров и формы, физических, физико-химических, химических или структурных свойств. В отдельную группу выделяются жидкофазные ИМ, которые могут особым образом изменять свое структурное состояние или характер своего поведения. Основные виды ИМ, особенности проявления их свойств и области их возможного применения (виды создаваемых на их основе устройств или деталей, перспективных для использования в сельхозтехнике) представлены в таблице 1.

Большое разнообразие ИМ открывает широкие возможности по их применению для создания всевозможных сенсорных и исполнительных устройств, отличающихся простотой конструкции, высокой надежностью, большими функциональными возможностями. Вместе с тем следует заметить, что специфическое распределение и уникальная интеграция сенсорных и исполнительных компонентов в интеллектуальных материалах и устройствах требуют при их разработке комплексного решения довольно сложных материаловедческих, конструкторских и технологических задач.

Таблица 1 – Свойства и применение интеллектуальных материалов

Виды ИМ	Особенности проявления свойств	Области применения
<b>ИМ с эффектами изменения размеров и формы</b>		
1	2	3
Пьезоматериалы (с обратным пьезоэффектом)	Деформирование образца под действием электрического поля	Микродвигатели, излучатели ультразвука
Магнитострикционные материалы	Деформирование образца при намагничивании	Микродвигатели, излучатели ультразвука
Термобиметаллические материалы	Деформирование образца при изменении температуры	Термостаты, устройства для защиты от перегрева или превышения силы тока, генераторы импульсов, реле времени, электрические переключатели, термометры, микродвигатели
Ауксетичные материалы	Отрицательный коэффициент Пуассона: увеличение поперечного сечения образца при растяжении и уменьшение при сжатии	Элементы крепежных соединений типа фиксаторов и заклепок, фильтрующие элементы

1	2	3
Пелинейные упругие материалы	Удлинение стержнеобразного образца при закручивании	Валы в прессовых соединениях типа вал-втулка
Материалы с эффектом памяти формы	Возвращение предварительно деформированного образца к первоначальной форме при нагреве	Саморазворачивающиеся конструкции, муфты и стопоры для соединения деталей, силовые элементы блокировочных устройствах, прессах, домкратах, приводные механизмы
Термобиметаллы	Деформирование образца при изменении температуры	Тепловые реле, электропредохранители, автоматы защиты электросетей
Электроактивные полимеры	Деформирование образца под действием электрического поля	Приводные механизмы, манипуляторы-схваты
Магнитоэластики	Деформирование образца под действием магнитного поля	Микродвигатели, уплотнители, приборы для измерения магнитных полей, датчики ускорений и вибраций, манипуляторы с мягким захватом, электромагнитные гасители колебаний
<b>ИМ с особыми физическими свойствами</b>		
Пьезоматериалы (с прямым пьезоэффектом)	Возникновение поляризации образца под действием механических напряжений	Датчики давления, ускорения, вибрации, уровня жидкостей, угла положения, приемники ультразвука
Акустоэлектрические материалы	Появление в проводнике постоянного электрического тока в замкнутой цепи или электрического напряжения на концах разомкнутого проводника при распространении в нем ультразвуковой волны	Приборы для преобразования и обработки сигналов, элементы электронных устройств
Магнитоупругие материалы	Изменение намагниченности магнетика под действием механических деформаций	Датчики малых деформаций в твердых телах, а также давлений жидкостей и газов
Термоэлектрические материалы	Возникновение термоэлектрических явлений, обусловленных взаимосвязью между тепловыми и электрическими процессами	Термоэлектрические генераторы, нагреватели, холодильники, датчики температуры
Гензорезистивные материалы	Изменение электрического сопротивления материала при деформировании	Датчики давления, силы, веса, деформации, крутящего момента, перемещения, ускорения, вибрации
Фотоэлектрические материалы	Испускание электронов под действием электромагнитного излучения	Фотоэлементы
Фоторезистивные материалы	Изменение электропроводности под действием электромагнитного излучения	Фотоэлементы

1	2	3
Магнитокалорические материалы	Изменение температуры при намагничивании или размагничивании во внешнем магнитном поле в адиабатических условиях	Холодильные устройства
Хромогенные материалы	Изменение окраски под действием различных факторов (света, электрического поля, температуры)	Светозащитные устройства, элементы оптоэлектронных устройств, устройства освещения
Люминесцентные материалы	Свечение, возбуждаемое различными факторами (светом, ионизирующим излучением, электрическим полем)	Устройства освещения
<b>ИМ с особыми физико-химическими и химическими свойствами</b>		
Самосмазывающиеся материалы	Выделение смазочной жидкости из пор материала на поверхность в зоне фрикционного контакта	Детали узлов трения
Самоохлаждающиеся материалы	Выделение охлаждающей жидкости из пор материала на поверхность при нагреве	Детали энергетических агрегатов
Самоочищающиеся материалы	Предотвращение отложения загрязнений на поверхности	Корпусные детали, остекленные
<b>ИМ с особыми структурными свойствами</b>		
Самодиагностирующиеся материалы	Самодиагностика собственного структурного состояния непосредственно в процессе эксплуатации	Детали, работающие в условиях разрушающих механических нагрузок
Самовосстанавливающиеся материалы	Самовосстановление целостности своей структуры в случае ее разрушения под действием разрушающих механических или тепловых факторов	Детали, работающие в условиях разрушающих механических нагрузок; электрические предохранители
Саморазрушающиеся материалы	Саморазрушение в случае несанкционированных действий или возникновения чрезвычайных ситуаций при эксплуатации	Защитные наклейки на корпусных деталях
<b>Жидкофазные ИМ</b>		
Неньютоновские жидкости	Изменение вязкости жидкости при ее течении в зависимости от градиента скорости	Моторные масла, вязкостные муфты, дисковые экструдеры
Электрореологические жидкости	Изменение вязкости жидкости под действием электрического поля	Рабочие тела электрически управляемых механических передаточных устройств
Магнитореологические жидкости	Изменение вязкости жидкости под действием магнитного поля	Рабочие тела магнитно управляемых механических передаточных устройств, финишная обработка поверхностей

1	2	3
Магнитные жидкости	Подверженность жидкости действию объемной силы, пропорциональной градиенту магнитного поля и вызывающей притяжение магнитной жидкости как целого в области с высокой напряженностью магнитного поля; суперпарамагнитная восприимчивость	Смазки, уплотняющие устройства

*Список использованных источников*

1. А.В. Клочков, А.Е. Маркевич, Ю.Н. Немировец. Инновации сельхозтехники на EIMA-2010 // Наше сельское хозяйство. – 2010. – № 12. – С. 6–12.
2. Д.А. Демченко, В.Б. Ланский, С.А. Третьяков. Новые технологии в управлении работой сельхозтехники // Автоматизация в промышленности № 1/2009. – С. 1–7.
3. Agritechnica. Ганновер, ноябрь 2011 // Аграрное обозрение. – 2012. – № 1.
4. С. Ильин. Что такое «умные машины»? // Аграрник. 2011. – № 6. – С. 28–31.
5. К. Уорден. Новые интеллектуальные материалы и конструкции. Свойства и применение. – М.: Техносфера, 2006. – 224 с.

УДК 66.067.12

## МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ С ГРАДИЕНТНОЙ СТРУКТУРОЙ ПОР

*Капцевич В.М., д.т.н., профессор; Лисай Н.К., к.т.н., доцент;  
Корнеева В.К., ст. преподаватель; Кусин Р.А., к.т.н., доцент;  
Чугаев П.С., ст. преподаватель*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск*

Известно, что создание эффективных порошковых фильтрующих материалов (ПФМ) методами порошковой металлургии ограничено, с одной стороны, технологическими возможностями традиционных методов и приемов [1–3], а с другой – противоположными зависимостями основных эксплуатационных характеристик ПФМ от технологических параметров [1, 4, 5]. Например, противоречивость предъявляемого к ПФМ требования обеспечить одновременно высокую проницаемость и тонкость фильтрования объясняется противоположной зависимостью этих характеристик от размеров частиц порошка. Так, для получения ПФМ с высокой проницаемостью их необходимо изготавливать из порошков с частицами большего размера, что, в свою очередь, приводит к снижению тонкости фильтрования. В настоящее время накоплен значительный опыт по расширению технологических возможностей с целью достижения оптимального соче-