

ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЕ И ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ

УДК 631.331.53-189.2

В. В. Аулин, А. А. Панков

Кировоградский национальный технический университет

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ДОЗИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Методы системы точного земледелия (СТЗ) на основе современных информационных технологий и вычислительной техники позволяют точно определить количество технологических материалов (семян, удобрений, пестицидов) при внесении в соответствии с уникальными особенностями и характеристиками каждого участка поля и в точно определенное время. Это дает возможность эффективнее использовать потенциал плодородия при снижении техногенной нагрузки на поле. Поэтому современная техника для лесного и сельского хозяйства отличается от своих предшественников возможностью изменения норм внесения «на ходу», в поточном порядке, т. е. дифференцированием рабочих параметров. Это и есть направление ее совершенствования. Однако современную ситуацию с техническим обеспечением СТЗ можно характеризовать как проблемную, когда недостаточно обозначены соответствующие конструктивные решения. Дифференцированное внесение сдерживается недостатком научных исследований и разработок, остается нерешенным вопрос создания и применения сравнительно простых, дешевых и надежных в использовании средств технической реализации предписанных поточных дифференцированных технологических воздействий. Существующие машины морально устарели и не предрасположены для дифференцированного внесения материалов, а их переоборудование сопряжено со значительными материальными и трудовыми издержками. При этом затраты на адаптацию существующих машин к требованиям СТЗ сопоставимы со стоимостью самих машин. Для устранения указанных недостатков предлагается адаптация к требованиям СТЗ дозирующих систем для технологических материалов, работающих с применением пневмоструйных элементов и устройств. При этом затраты на адаптацию значительно меньше существующих, связанных с традиционными средствами механизации.

Ключевые слова: информация, дифференцирование, пневмоника, эффективность, затраты.

V. V. Aulin, A. A. Pankov

Kirovograd National Technical University

SOFTWARE AND HARDWARE FOR DIFFERENTIAL DOSING TECHNOLOGICAL MATERIALS

Methods of SPA on the basis of modern information technologies and computing engineering allow exactly defining the amount of technological materials (seed, fertilizers, pesticides) at application, in accordance with unique features and descriptions of every area of the field, in exactly set time. It enables more effectively to use potential of fertility of soils for the substantial decline of the technogenic loading on the field. Therefore modern technique for forestry and agriculture differs from the predecessors possibility of change of norms of application "in motion", in the line order, i. e. by differentiation of operating parameters. This is the main way of perfection of agricultural technique. However modern situation with the hardware of SPA it is possible to characterize as a problem, when corresponding structural decisions are marked not enough yet. The differentiated application of technological materials restrains temper the lack of scientific research-and-developments presently, a question of creation and application comparatively of simple, cheap and reliable in the use facilities of technical realization of the prescribed line differentiated technological influences is unsolved. Existent equipment morally became antiquated and not predisposition for the differentiated line application of technological materials, thus their necessary alteration is attended with considerable technical and material costs. Thus expenses on adaptation of existent machines to technology of SPA are comparable with the cost of machines. For the removal of the indicated defects adaptation is offered to the requirements of SPA of the dosing systems, working with the use of pneumojet elements and devices. Thus expenses on adaptation of batching's devices on the basis of stream pneumoautomatics in oftentimes less than existing, related to traditional equipment of mechanization.

Key words: information, differentiation, pneumonics, efficiency, expenses.

Введение. Современные машинные технологии и технические средства для выращивания сельскохозяйственных культур достаточно совершенны и могут обеспечить выполнение агротехнических требований в соответствии с существующей концепцией уравнительного земледелия. Однако результаты исследований в области сельскохозяйственного производства (СХП) свидетельствуют о том, что развитие технологий и машин, базирующихся на этой концепции, достигли своего предела [1, 2]. В частности, за последние несколько десятков лет повышение урожайности сельскохозяйственных культур достигалось за счет резкого увеличения использования минеральных удобрений и пестицидов, а также интенсификации использования фондов. Сегодня уже очевидно, что в рамках традиционного земледелия не удастся найти кардинальные решения по экономии затрат и снижению себестоимости.

Следствиями существующей системы уравнительного земледелия являются [1]:

- экспоненциальный и непропорциональный рост затрат невозполнимой и овеществленной энергии на дополнительную единицу продукции;

- возрастающие масштабы загрязнения и разрушения окружающей среды.

Кроме того, в настоящее время рост цен на семена, минеральные удобрения, средства защиты растений, технику и другие средства производства приводит к необходимости более рационального их применения.

Поэтому современный уровень развития механизированных процессов в СХП требует поиска новых технических и технологических возможностей для повышения рентабельности растениеводства и эффективности использования техники [3, 4].

Для обеспечения повышения показателей эффективности производства сельскохозяйственной продукции и существенного снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду необходимо внедрять новейшие методы и технические средства ведения управляемого дифференцированного земледелия с применением средств поточной адаптации машин к условиям производства [5]. Это направление особенно важно и в связи с необходимостью повышения эффективности сельскохозяйственного производства за счет повышения урожайности основных культур, так как учет неравномерности воздействия факторов земледелия дает возможность повысить урожайность сельскохозяйственных культур на 20–30% [2]. Опыт применения СТЗ с управляемым дифференцированным подходом позволяет экономить средства в раз-

мере 70–80 долл. США/га, с потенциальным увеличением в два раза [6].

Дальнейшее развитие сельскохозяйственных технологий без учета пестроты плодородия почвы в пределах каждого участка поля является нерациональным. Рациональной альтернативой концепции уравнительного земледелия может быть качественно новая стратегия интенсификации СХП, базирующаяся на дифференцированном использовании природных ресурсов, потенциала выращиваемых растений, а также различных технических факторов.

Предпосылками дифференцированного внесения технологических материалов являются различия в характеристиках участков поля (неодинаковое количество питательных веществ, различная влажность) и, как следствие, различное плодородие этих участков. Полностью устранить эти отличия агротехническими приемами невозможно, и поэтому на поле всегда будут участки с разными условиями для роста и развития растений [3].

В дифференцированном земледелии главную роль играют технические средства обеспечения технологий. При этом любое оборудование связано с программным комплексом, а следовательно, с алгоритмом решения задач и информационным обеспечением.

В настоящее время основой научно-технического прогресса является расширение объема информации, используемой при выполнении технологических процессов [7].

На базе собранного объема информации осуществляется управление механизированными процессами выращивания сельскохозяйственных культур на таких технологических операциях, как посев, внесение удобрений и пестицидов. Управление производится с учетом составленных информационных карт, что дает возможность вносить в каждую конкретную точку поля оптимальную норму технологических материалов. Технически это осуществляется автоматически, с помощью специальных технических средств в процессе работы.

Поэтому современная сельскохозяйственная техника значительно отличается от своих исторических предшественников возможностью изменения норм внесения технологических материалов «на ходу», в поточном порядке, в соответствии с условиями функционирования, т. е. дифференцированием параметров рабочих процессов. Это и есть направление совершенствования сельскохозяйственной техники [8].

Однако дифференцированное внесение сдерживается недостатком научных исследований и разработок, остается нерешенным вопрос создания и применения сравнительно простых, дешевых и надежных в использовании средств

технической реализации предписанных поточных дифференцированных агротехнологических воздействий [2], поэтому работа в данном направлении актуальна.

Необходимы дальнейшие исследования и поиск новых конструктивных решений как технических средств механизации, так и управляющих систем на основе внедрения и использования современных информационных технологий [8, 9, 10, 11].

Основная часть. В основу технической реализации СТЗ заложены системы автоматического местоопределения (САМ) перемещающихся сельскохозяйственных агрегатов и соответствующие программные средства геоинформационных систем (ГИС). По существу СТЗ – автоматизированная система, в которой технологический объект управления – это конкретный участок поля, желаемое состояние которого обеспечивается, в частности, с помощью технологического оборудования, аппаратных и программных средств автоматической обработки информации и управления [7].

Схема типового состава аппаратных средств формирования информационных потоков в СТЗ представлена на рис. 1 согласно [7].

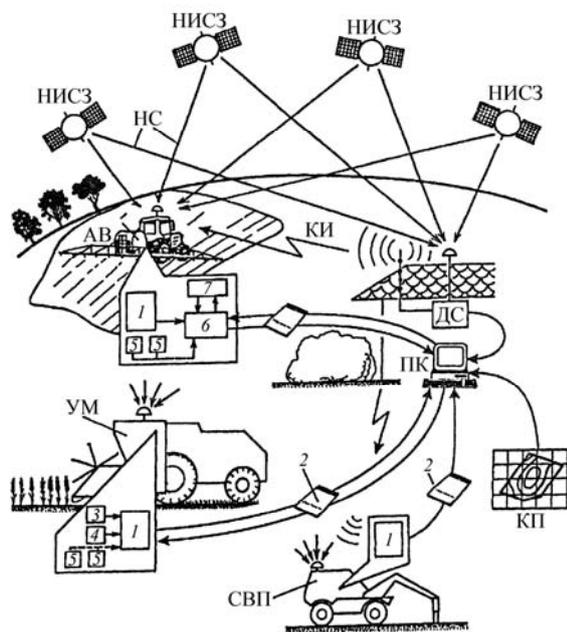


Рис. 1. Схема состава аппаратных средств СТЗ (обозначения в тексте)

Местоположение средства взятия проб (СВП) автоматически регистрируется контроллером 1, в состав которого входит САМ, содержащая навигационный приемник с накопителем данных в виде встроенного блока памяти и (или) переносимого устройства, например флеш-карты.

Места проб чаще всего намечают заранее на электронной топографической карте поля (КП),

а аппаратуру автоматического местоопределения используют для выведения СВП в заданную точку поля. При этом САМ, как правило, оснащают встроенным приемником корректирующей информации (КИ).

Координаты мест взятия проб и их идентификационные номера переносят, например, с помощью флеш-карты 2 в память персонального компьютера (ПК) СТЗ. Сюда же в дальнейшем вводятся результаты агрохимических анализов каждой из взятых проб.

В процессе работы уборочной машины (УМ), например зерноуборочного комбайна, автоматически по сигналам датчиков намолота 3 и влажности 4 зерна осуществляется измерение массы собираемого урожая наряду с одновременным определением координат фрагментов поля, с которого этот урожай получен. Возможна также регистрация сигналов других измерительных преобразователей 5 системы автоматического мониторинга режимов работы машины. Эти данные записываются как функции единого системного времени сигналов сетевых спутников радионавигационных систем (ССРНС) в память контроллера 7 и по окончании работы переносятся в ПК СТЗ, связанный с дифференциальной станцией (ДС) каналом связи, где архивируется КИ – вычисляемые ДС значения навигационных поправок – также в виде функций системного времени. С помощью КИ уточняются ранее определенные бортовой аппаратурой значения координат и скорости машины на каждый момент времени.

Далее с использованием прикладных ГИС-программ собранные географически привязанные технологические данные автоматически преобразуются на ПК в цифровые электронные многослойные карты, на которых каждому фрагменту поля ставится в соответствие количество собранного с него урожая, результаты агрохимических оценок и т. д.

На основании карт урожайности и агрохимического состояния почв, моделей развития возделываемых культур, других данных и прикладных программ выполняющий функции системного интегратора агроном СТЗ на ПК составляет технологические топоориентированные программы норм внесения удобрений и высева семян для очередного года хозяйствования на каждом поле. Затем с помощью флеш-карточек эти программы переносятся в память бортового компьютера 6 агрегата внесения (АВ). В процессе работы АВ бортовой компьютер 6, сопоставляя результаты проводимого автоматического местоопределения агрегата с введенной технологической топоориентированной программой, задает системе регулирования 7 значение нормы внесения материала

(удобрений, семян, гербицидов и т. д.), адресно-предписанное для того фрагмента поля, на котором в данный момент находится агрегат. Но если на УМ задача местоопределения может решаться только частично с последующим ее завершением в офисных условиях, то на АВ она должна решаться в реальном масштабе времени, т. е. поточно. Поэтому на АВ в состав САМ обязательно включается приемник КИ для принятия данных ДС.

При оснащении сельскохозяйственных агрегатов аппаратурой передачи данных работы бортовых САМ возможно отображение их перемещения в реальном масштабе времени на электронной карте полей в диспетчерском пункте хозяйства.

Для анализа, планирования и оперативного управления производством в целом, информация в СТЗ может быть представлена в удобном для системного агронома виде: в качестве электронных таблиц, диаграмм, изолиний, мозаичной или трехмерной картины рельефа поля, распределения урожая и т. д.

При работе в СТЗ должны применяться информационно совместимые агрегаты, т. е. имеющие в своем составе автоматические системы мониторинга функционирования с накопителями данных и автоматические управляющие системы, изменение настройки которых задается программно, в поточном порядке.

То есть для реализации дифференцированного внесения технологических материалов соответствующие машины должны иметь высокоадаптивные дозирующие и распределяющие рабочие органы, управляемые автоматизированно в соответствии с оптимальной программой применения материалов, реализованной в виде электронной карты. Все машины должны быть оборудованы средствами для ориентации в системе позиционирования и обеспечивать независимое регулирование доз в пределах ширины захвата [1].

Однако анализ существующих машин и обзор литературных источников показывает, что большинство существующих технических средств морально устарели [12, 13] и не predisposed для дифференцированного поточного внесения технологических материалов, причем необходимое их переоборудование сопряжено со значительными техническими и материальными издержками.

Также далеко не все модели машин поддаются оснащению соответствующим оборудованием. Наиболее серьезная проблема для небольших хозяйств, работающих на полях общей площадью менее 1 тыс. га, в том, что невозможно использовать для дифференцированного внесения удобрений имеющуюся технику,

которую в большинстве случаев нельзя модернизировать [14].

Рассмотрим существующие варианты машинной реализации поточного дифференцированного внесения технологических материалов (посевого материала и удобрений).

Главной отличительной чертой существующих машин, адаптированных к работе в СТЗ, является то, что опорное колесо посевной машины теряет функцию механического привода катушечных высевальных аппаратов. Функции регулирования нормы высева передаются датчикам 6, 7, 8 (рис. 2), которые анализируют состояние почвы и подают в режиме реального времени на обработку информацию о необходимой в данный момент для данного участка поля норме внесения материалов [7].

Процессор в соответствии с заложенным программным обеспечением обрабатывает управляющий сигнал, который передается на исполнительное устройство 2, представляющее собой электрический мотор-редуктор, например, шагового типа. В этом случае опорное колесо посевной машины выполняет функции генератора импульсов скорости перемещения посевной машины и пройденного пути.

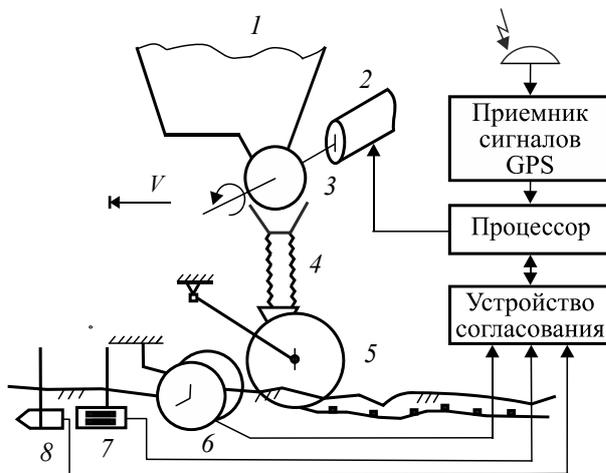


Рис. 2. Схема дифференцированного внесения технологических материалов на основе поточной регулировки катушечных высевальных аппаратов:

- 1 – емкость для материалов;
- 2 – исполнительное устройство;
- 3 – высевальной аппарат;
- 4 – семяпровод; 5 – сошник; 6, 7, 8 – датчики физико-технологического состояния участка поля

Одним из способов реализации схемы на рис. 2 является устройство для посева с переменной нормой [15], включающее высевальную катушку, установленную на высевальном валу с механизмом его перемещения при помощи винтовой передачи. Для изменения нормы высева в зависимости от внешних условий уст-

ройство оборудовано сверхвысокочастотным влагомером, блоком автоматической установки нормы высева и электрически связанным с его входом датчиком длины рабочей части высевающей катушки, а механизм перемещения высевающего вала оснащен промежуточным валом с кулачковой муфтой, второй винтовой передачей и реверсивным электродвигателем.

Аналогичные решения для катушечных высевающих аппаратов рассмотрены в описаниях патентов на полезную модель [16, 17].

На рис. 3 представлена машина МВД-900 для внесения твердых минеральных удобрений [4].

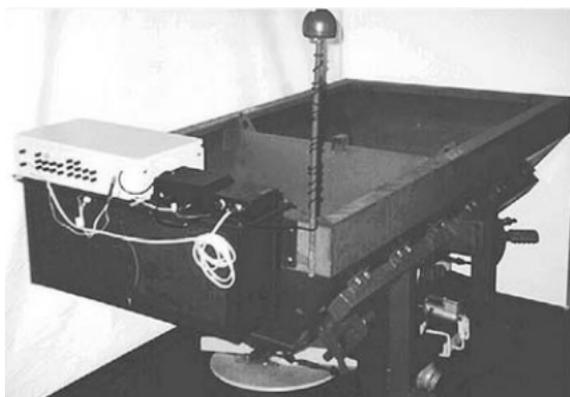


Рис. 3. Установка для дифференцированного внесения твердых минеральных удобрений с бортовым контроллером

На машине установлены автоматический привод управления заслонками дозатора, спутниковая навигационная система и система управления дозатором. Автоматический привод содержит механизм открывания заслонок дозатора, управляемый электродвигателем возвратно-поступательного действия. Общее управление исполнительным оборудованием осуществляется с помощью бортового контроллера или бортового компьютера.

На рис. 4 представлена высевающая система сеялки для точного земледелия [18, 19].

Она содержит микропроцессорную систему формирования управляющих импульсных сигналов, пневматические высевающие аппараты, состоящие из бункеров для семян, заборных камер, рабочих камер, семяпроводов и воздухопроводов, присоединенных к высевающим аппаратам, пневматическую систему приведения в действие высевающих аппаратов, которая также связана с высевающими аппаратами.

При этом в микропроцессорной системе формирования импульсов есть два независимых генератора импульсов, а также многоканальный усилитель микропроцессорной системы, с количеством каналов усиления, соответствующим количеству высевающих аппаратов.

Сами же аппараты – импульсного действия, с возможностью индивидуального управления высевом по каждому из них, рабочие камеры выполнены в виде пустотелых форм с вертикальной осью и соединены в нижней части через сетку с воздухопроводом постоянной подачи семян, а в верхней части присоединены патрубки возврата лишних семян, выход которых соединен с бункером для семян, в средней части в рабочие камеры введены с противоположных от семяпроводов сторон эжекторные патрубки, причем осевые линии каждого семяпровода и эжекторного патрубка лежат в одной вертикальной плоскости и пересекаются в центре рабочей камеры под тупым углом до 180° , в каждом из патрубков установлены электромагнитные клапаны с индивидуальным управлением от процессора, состоящие из соленоидов, которые расположены в одних вертикальных плоскостях с эжекторными патрубками над их горизонтальными частями в том месте, где в замкнутой эллипсоидной полости между нижней от соленоида стенкой эжекторного патрубка и мембраной находится ферросуспензия.

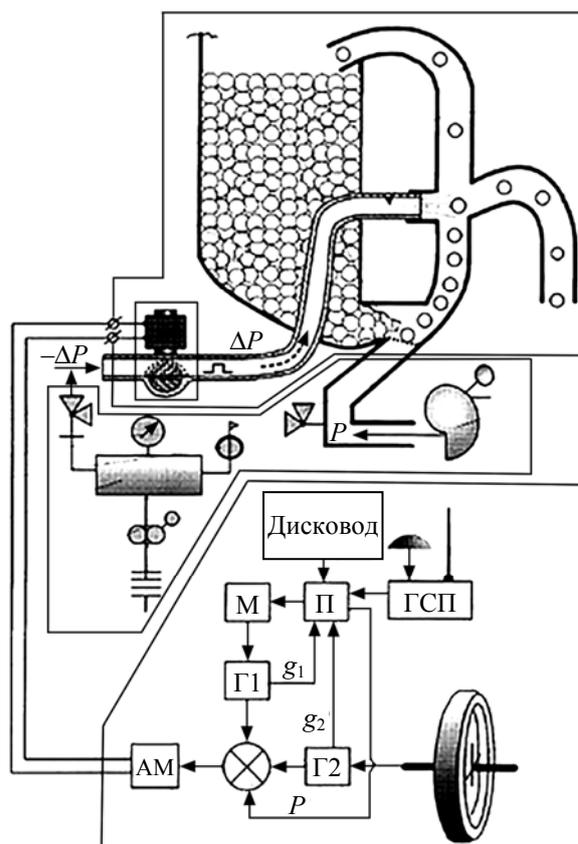


Рис. 4. Схема высевающей системы сеялки в СТЗ:

М – модулятор; П – процессор;

ГСП – глобальная система позиционирования;

Г1, Г2 – генераторы; g_1, g_2 – цепи обратной связи;

P – воздух под давлением;

АМ – многоканальный усилитель

Изобретением ставится задача обеспечения программированных сменных норм высева семян пневматической высевальной системой посевной машины с возможностью оперативной регулировки нормы высева на ходу, во время работы машины, в направлении ее движения, а также в поперечном направлении – по ширине захвата в соответствии с данными о характеристиках параметров состояния поля, а также задача повышения универсальности высевальной системы, упрощения конструкции, снижения повреждения посевного материала.

Для оперативного контроля процесса дозирования удобрений предлагается микропроцессорное устройство корректировки [20].

Устройство (рис. 5) представляет собой корпус, в котором находится микропроцессорный контроллер и блоки.

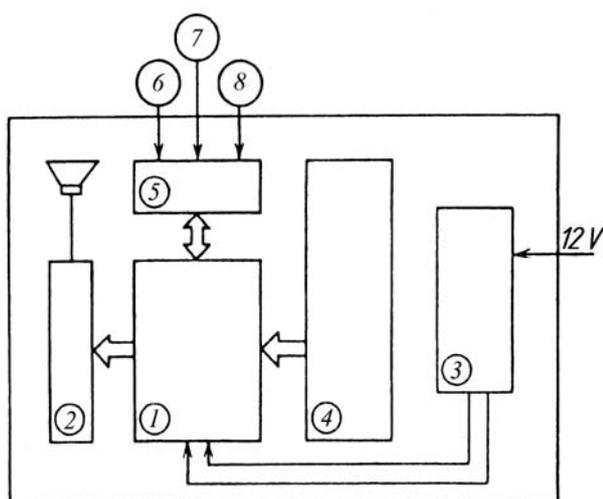


Рис. 5. Микропроцессорное устройство:

1 – контроллер; 2 – блок индикации;

3 – блок питания контроллера и датчиков;

4 – блок ввода режимов работы;

5 – блок сопряжения; 6–8 – датчики соответственно расхода удобрений, регистрации включения и выключения вала отбора мощности трактора, пути

Блок 4 позволяет устанавливать коэффициенты, соответствующие различным дозам внесения удобрений. С его помощью можно выбрать необходимые режимы работы устройства. Блок 3 преобразует напряжение бортовой сети энергетического средства (+12 В) в необходимое для работы устройства (+5 В). Датчик пути фотоэлектрического типа устанавливается на ведомом колесе трактора. Расход удобрений регистрируется устройством контроля. Датчик 7 представляет собой переключатель, устанавливаемый на рычаге управления. При выключении вала отбора мощности прекращается опрос датчиков 6 и 8 с сохранением предыдущей информации о параметрах контроля и объеме выпол-

ненной работы. Опрос датчика 6 осуществляется после каждого импульса от датчика 8. Сигналы от датчиков обрабатываются в блоке сопряжения 5. Основной узел устройства – контроллер 1, обрабатывающий поступающую информацию и отражающий ее в блоке индикации 2.

Управляющий элемент контроллера 1 – микропроцессор (МП), вырабатывающий световую и звуковую сигнализацию о параметре контролируемого процесса – подсказку для своевременного воздействия оператора на корректор рычагом гидрораспределителя. Корректор представляет собой измененный механизм привода подающего транспортера (рис. 6).

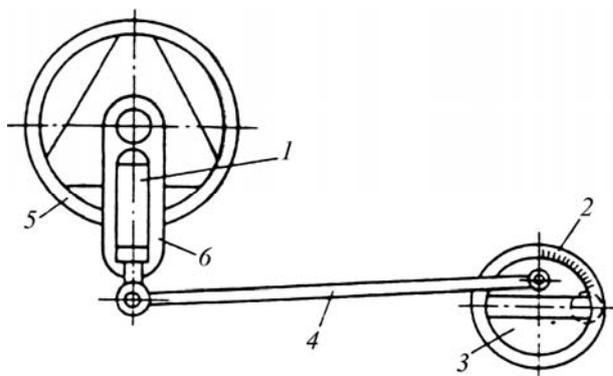


Рис. 6. Корректор дозирования удобрений:

1 – гидроцилиндр; 2 – кривошип;

3 – регулировочный диск; 4 – шатун;

5 – храповое колесо; 6 – коромысло

Задача создания системы регулирования нормы внесения технологических материалов, которая будет осуществлять регулирование в автоматическом режиме, в соответствии с картограммой внесения поставлена в работе [21].

Здесь в связи с необходимостью применения автоматических систем регулирования нормы высева и построения сеялки для технологий точного земледелия разработаны и изготовлены механические элементы, а также отдельные программно-аппаратные системы для реализации переменных норм высева. Такие системы включают в себя антенну спутниковой навигации, рабочий компьютер, электроцилиндр, датчики обратной связи и скорости. В компьютер устанавливается флеш-карта с картограммой-заданием на необходимую норму высева, а система спутниковой навигации предоставляет координаты агрегата в поле.

Система работает следующим образом: при перемещении агрегата рабочий компьютер получает сигнал от спутников СТЗ и в соответствии с параметрами состояния поля через электродвигатель привода дозатора контролирует частоту вращения шнекового дозатора, чем регулируется норма высева. Режим работы элек-

тродвигателя контролируется датчиком обратной связи и регулятором.

Основной составляющей системы для реализации переменных норм высева является блок управления высевающим аппаратом посевной машины (см. рис. 3).

Очевидно, что в данной работе реализация дифференцированных норм внесения материалов аналогична схеме на рис. 2.

Патентом на полезную модель [22] ставится задача разработки конструкции посевной машины для реализации дифференциального высева каждой секцией вибрационного высевающего аппарата при выполнении технологической операции посева с целью обеспечения подбора оптимальной площади питания растений с учетом пространственной неоднородности грунтового покрова.

Поставленная полезной моделью задача дифференциального высева решается изменением конструкции сеялки с вибрационным высевающим аппаратом путем использования специального контроллера, GPS-навигатора и устройства считывания электронных карточек.

На рис. 7 изображен общий вид посевной машины для дифференциального высева с вибрационным высевающим аппаратом.

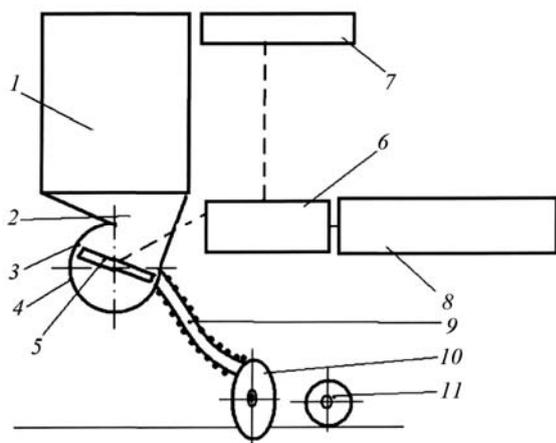


Рис. 7. Посевная машина для дифференциального высева с вибрационным высевающим аппаратом:

1 – аппарат; 2 – основание;

3 – высевающий диск;

4 – опора сферической формы;

5 – промежуточный диск;

6 – специальный контроллер; 7 – GPS-навигатор;

8 – устройство считывания электронных карточек;

9 – семяпровода; 10 – сошники; 11 – катки

Устройство работает следующим образом: при движении сеялки семена из высевающего аппарата 1 поступают к основанию 2, состоящего из высевающего диска 3 и опоры сферической формы 4, где размещен промежуточный

диск 5, частотой вибрации которого изменяется норма высева.

Специальный контроллер 6 синхронизирует информацию от GPS-навигатора 7 и устройства считывания электронных карточек 8, управляет промежуточным диском 5, устанавливая заданную норму высева, и обеспечивает дифференциальный высев каждой секции вибрационного высевного аппарата путем изменения нормы высева в ходе выполнения технологического процесса, т. е. «на ходу», в поточном порядке. После высевающего аппарата 2 семена попадают в семяпровода 9 и сошники 10. Для обеспечения условий эффективного роста семян используются прикатывающие катки 11.

При анализе конструкций и работы средств для дифференцированного внесения возникает вопрос относительно затрат на переоборудование или адаптацию существующих машин к данной технологии. При этом установлено, что покупка техники, позволяющей вносить семена и удобрения дифференцированно, — наиболее затратная статья в СТЗ. Поэтому производители задумываются о том, как модернизировать имеющийся парк машин, но переоборудование только одной сеялки обходится в десятки тысяч долларов [14, 23]. То есть затраты на адаптацию машин к технологии СТЗ сопоставимы со стоимостью самих машин.

Анализ исследований и публикаций позволил установить недостатки, возникающие при адаптации существующих машин к машинному и программному обеспечению СТЗ:

- аналоговое действие существующих машин в отличие от дискретного действия аппаратно-программного обеспечения СТЗ, требующее применения преобразователей;

- моральный износ машин, несоответствие техноукладов для исполнительных и командных устройств, т. е. несоответствие их уровня;

- наличие разветвленной кинематической цепи из механических передач, приводов и передаточных механизмов, а следовательно, инерционность срабатывания исполняющих устройств и снижение надежности системы;

- разунификация и разнообразие элементной базы;

- сложность и дороговизна предлагаемых технических решений.

Поэтому в данной работе поставлена задача разработки достаточно простых, универсальных и недорогих технических средств для поточно-программного регулирования операционных параметров технологических машин.

Для устранения указанных недостатков и решения поставленной задачи предлагается адаптация к требованиям СТЗ дозирующих систем, работающих с применением струйных

элементов и устройств [24]. Схема адаптации представлена на рис. 8.

Элементная база такой схемы включает в себя смартфон с соответствующим программным обеспечением (исходным кодом). Исходный код представляет собой структуру для взаимодействия программы внесения материалов с элементами управления и индикации. В качестве управления используется перемещение пневмоструйного датчика 1 с ниппелями (слайдера) относительно перфодиска 2 (рис. 9), т. е. регулируется частота вырабатываемых пневмоимпульсов, так как частотное регулирование имеет следующие преимущества:

- высокая точность регулирования в наиболее экономичном режиме;
- возможность удаленного управления и диагностики работы высевающей системы;
- простота конструктивной реализации.

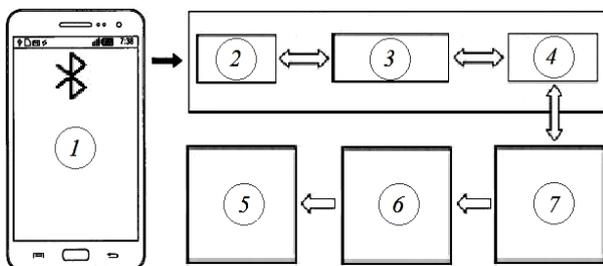


Рис. 8. Принципиальная структурная схема реализации поточно-программного регулирования норм внесения технологических материалов:

- 1 – смартфон; 2 – Bluetooth-адаптер;
- 3 – микроконтроллер; 4 – выходы;
- 5 – исполнительные механизмы (сервомашины);
- 6 – блок управления струйными устройствами;
- 7 – струйные устройства (высевающие аппараты)

На выходе мы получаем управляемое перемещение вала редуктора. Чтобы управлять таким перемещением, сервомашинка имеет специальный входной сигнал управления.

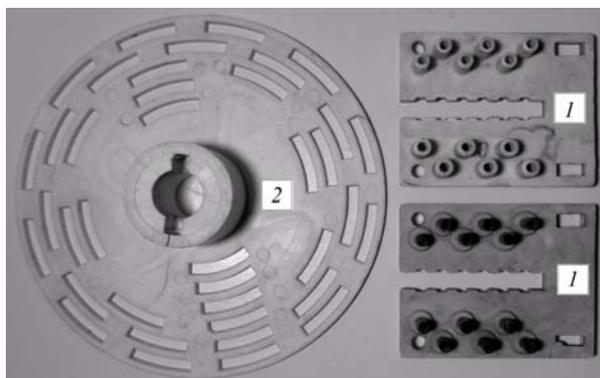


Рис. 9. Элементы управления системой:
1 – пневмоструйный датчик с ниппелями (слайдер);
2 – перфорированный диск

Далее следует плата с микроконтроллером, к которой подключен Bluetooth-адаптер (рис. 10).

Сервомашинка (рис. 11) – это электродвигатель с редуктором и схемой управления в одном корпусе. Сигнал представляет собой импульс определенной длительности, который должен повторяться 50 раз в секунду. Временная ширина импульса определяет положение выходного вала сервомашинки, к которому его стремится повернуть двигатель, т. е. задавая определенную ширину импульса и повторяя его 50 раз в секунду, мы можем ожидать, что выходной вал сервомашинки займет определенное желаемое положение.

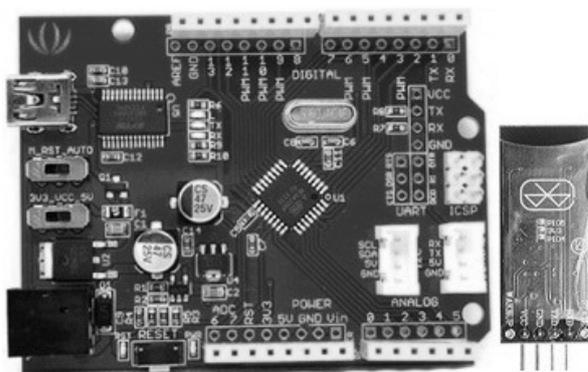


Рис. 10. Плата с микроконтроллером и модулем Bluetooth



Рис. 11. Сервомашинка

Среднему положению выходного вала сервомашинки соответствует ширина импульса 1500 мс, крайнему левому – 500 мс, крайнему правому – 2500 мс. При этом не нужно вручную генерировать последовательность импульсов для сервомашинки, так как используются библиотеки программного обеспечения, которые осуществляют это автоматически. Мы только указываем, какая ширина импульса необходима в данный момент времени.

Запишем код программы, который будет являться промежуточным звеном между слайдером и сервомашинной. Информация о положении слайдера находится в структуре RemoteXY в поле slider_1. В общем виде код программы выглядит следующим образом:

```
/* структура кода определяет все переменные
управления */ struct {
/* input variable */
unsigned char slider_1; /* = 0...100 положение
слайдера */
/* other variable */
unsigned char connect_flag;
/* = 1 if wire connected, else =0 */ } RemoteXY
```

Определяем строку кода, которая пересчитывает значение положения слайдера, изменяемое от 0 до 100, в величину длительности импульса для управления сервомашинной: `int ms = RemoteXY.slider_1*20+500.`

Таким образом, получим программно-аппаратную систему управления устройством внесения материалов для решения поставленной задачи.

Затраты на создание данной системы управления будут следующими, долл. США: плата с микроконтроллером – 16, модуль Bluetooth – 7, сервомашинка – 5, драйвер сервомашинки – 10,

промежуточный редуктор – примерно столько же, т. е. 10. Принимая коэффициент, учитывающий затраты на монтаж (1,2) и округляя сумму, получим 60 долл. США. То есть затраты на адаптацию дозирующих устройств на основе пневмоники для дифференцированного внесения значительно меньше, чем в машинах при традиционной механизации.

Заключение. Методы СТЗ позволяют экономить материальные и трудовые затраты и более эффективно использовать потенциал плодородия при существенном снижении техногенной нагрузки. Однако дифференцированное внесение материалов в СТЗ сдерживается недостатком сравнительно простых, дешевых и надежных в использовании средств технической реализации предписанных агротехнологических воздействий. Большинство существующих технических средств морально устарели и не предрасположены к работе в условиях СТЗ, причем необходимое их переоборудование связано со значительными техническими и материальными издержками. Использование дозирующих систем, работающих с применением струйных элементов и устройств, позволяет устранить существующие недостатки, причем затраты на их адаптацию к СТЗ значительно меньше существующих вариантов.

Литература

1. Марченко Н. М., Личман Г. И. Машинные технологии для дифференцированного внесения удобрений // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 1999. № 12. С. 32–34.
2. Технічні проблеми точного землеробства в Україні. Д. Г. Войтюк [та ін.] // Вісник аграрної науки. 2000. № 9. С. 41–46.
3. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Гаврилюк Г. Р. Методи реалізації системи точного землеробства // Науковий вісник Національного аграрного університету. 1998. Вип. 9. С. 67–69.
4. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Михайлевський В. А. Інформаційні технології точного землеробства // Промышленные измерения, контроль, автоматизация, диагностика. 2004. № 1. С. 28–31.
5. Кравчук В. Пріоритетні напрямки наукових досліджень в прогнозуванні, випробуванні та сертифікації техніки і технологій для АПК // Техніка АПК. 2008. № 1. С. 6–7.
6. Аніскевич Л., Гаврилюк Г., Ямков О. Система точного землеробства: ефективність і веління часу // Пропозиція. 2000. № 6. С. 96–97.
7. Шеповалов В. Д. Автоматика топоориентированных технологий растениеводства // Техника в сельском хозяйстве. 2001. № 1. С. 3–6.
8. Аніскевич Л. В. Сенсор-технологія в точному землеробстві // Науковий вісник Національного аграрного університету. 1998. Вип. 9. С. 70–72.
9. Сарахан Е. В. Информационные технологии в прецизионном земледелии // Компьютерные средства, сети и системы. 2010. № 9. С. 82–91.
10. Інформаційна технологія системи точного землеробства. Л. Погорілий [та ін.] // Техніка АПК. 2000. № 10. С. 21–22.
11. Шевченко И. А., Пашко А. А. Застосування інформаційних технологій в сільськогосподарському виробництві // Техніка АПК. 2000. № 8. С. 18–19.
12. Parameter optimization using coefficient of variation of intervals for one-seed sowing apparatus with horizontal disk during maize seeding. V. Belodedov [et al.] // ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. 2007. Vol. VII. P. 31–37.
13. Parameter optimization of dosator for technique cultures on the quantity intervals, close by to calculation. V. Belodedov [et al.] // ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. 2013. Vol. 13, No. 4. P. 18–24.
14. Точное земледелие в Украине. URL: <http://b-logbook.info/technology/agro-technology/precision-agriculture.html> (дата обращения: 02.02.2016).

15. Устройство для посева с переменной нормой высева: пат. 1544230 Украина / А. Б. Коганов, Х. Н. Ибрагимов, В. А. Елкин, А. В. Хохлов. URL: <http://patents.su/5-1544230-ustrojstvo-dlya-poseva-s-peremennojj-normojj-vyseva.html> (дата обращения: 04.02.2016).

16. Сівалка для диференційованої сівби з катушково-штифтовим висівним апаратом: пат. 80053 Україна / Л. В. Аніскевич, В. Б. Онищенко, О. О. Броварець. URL: <http://uapatents.com/4-80053-sivalka-dlya-diferencijjovano-sivbi-z-kotushkovo-shtiftovim-visivnim-aparatom.html> (дата обращения: 05.02.2016).

17. Сівалка для диференційованої сівби з катушково-штифтовим висівним апаратом: пат. 100962 Україна / О. О. Броварець, Л. В. Аніскевич, В. Б. Онищенко. URL: <http://uapatents.com/4-100962-sivalka-dlya-diferencijjovano-sivbi-z-kotushkovo-shtiftovim-visivnim-aparatom.html> (дата обращения: 05.02.2016).

18. Висіваюча система сівалки для точного землеробства: пат. 29525 Україна / Д. Г. Войтюк, О. В. Ямков, Г. Бернхардт, Г. Р. Гаврилюк, Л. В. Аніскевич. URL: <http://uapatents.com/5-29525-visivna-sistema-sivalki-dlya-tochnogo-zemlerobstva.html> (дата обращения: 06.02.2016).

19. Пневмоімпульсний висіваючий апарат для сівалки точного землеробства: пат. 44525 Україна / В. В. Федорчак, А. І. Бойко, М. О. Свірень, В. В. Амосов. URL: <http://uapatents.com/2-44525-pnevmoimpulsnijj-visivnijj-aparat-sivalki-dlya-tochnogo-zemlerobstva.html> (дата обращения: 08.02.2016).

20. Малаков Ю. Ф. Устройство контроля и корректировки дозирования удобрений // Тракторы и сельскохозяйственные машины. 2000. № 12. С. 32–33.

21. Система для реализации сменных норм высева. URL: <http://elibrary.nubip.edu.ua/7089/> (дата обращения: 09.02.2016).

22. Сівалка для диференційованої сівби з вібраційним висівним апаратом: пат. 80351 Україна / Л. В. Аніскевич, О. О. Броварець, В. Б. Онищенко. URL: <http://uapatents.com/4-80351-sivalka-dlya-diferencijjovano-sivbi-z-vibracijnim-visivnim-aparatom.html> (дата обращения: 10.02.2016).

23. Точное земледелие повышает рентабельность растениеводства. URL: <http://b-logbook.info/interview/tochnoe-zemledelie-povyishaet-rentabelnost-rastenievodstva.html> (дата обращения: 11.02.2016).

24. Pankov A., Zamota T., Shcheglov A. The research of application and working process of fluid-jet elements and devices in planting techniques // ТЕКА Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture. 2014. Vol. 14, No. 1. P. 191–199.

References

1. Marchenko N. M., Lichman G. I. Machine technology for differential fertilizer. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 1999, no. 12, pp. 32–34 (In Russian).

2. Voytyuk D. G., Kravchuk V. I., Koshevoy A. A., Baranov G. L. The technical challenges of precision agriculture in Ukraine. *Vistnyk agrarnoyi nauky* [Journal of agricultural science], 2000, no. 9, pp. 41–46 (In Ukraine).

3. Voytyuk D. G., Aniskevych L. V., Gavrylyuk G. R. Methods of implementation of precision farming. *Naukovyy vistnyk Natsionalnogo agrarnogo universytetu* [Scientific Bulletin of National Agrarian University], 1998, issue 9, pp. 67–69 (In Ukraine).

4. Voytyuk D. G., Aniskevych L. V., Mykhailevskyy V. A. Information technology for precision farming. *Promyshlennyye izmereniya, kontrol', avtomatizatsiya, diagnostika* [Industrial measurement, control, automation, diagnostics], 2004, no. 1, pp. 28–31 (In Ukraine).

5. Kravchuk V. Prioritetni napryamky naukovykh doslidzhen v prognozuvanni, vyprovuvanni ta sertyfikatsiyi tekhniki i tekhnologiy dlya APK. *Tekhnika APK* [Technique AIC], 2008, no. 1, pp. 6–7 (In Ukraine).

6. Aniskevych L., Gavrylyuk G., Yamkov O. Precision agriculture: efficiency and time requirements. *Propozytsiya* [Offering], 2000, no. 6, pp. 96–97 (In Ukraine).

7. Shepvalov V. D. Automation copoeration of plant growing technology. *Tekhnika v sel'skom khozyaystve* [Technology in agriculture], 2001, no. 1, pp. 3–6 (In Russian).

8. Aniskevych L. V. Sensor technology in precision agriculture. *Naukovyy vistnyk Natsionalnogo agrarnogo universytetu* [Scientific Bulletin of National Agrarian University], 1998, issue 9, pp. 70–72 (In Ukraine).

9. Sarakhan E. V. Information technology in precision agriculture. *Komp'yuternyye sredstva, seti i sistemy* [Computer means, networks and systems], 2010, issue 9, pp. 82–91 (In Russian).

10. Pogorilyy L., Osipov M., Pashko A., Solomakha O. Information technology for precision farming. *Tekhnika APK* [Technique AIC], 2000, no. 10, pp. 21–22 (In Ukraine).

11. Shevchenko I. A., Pashko A. A. Use of information technologies in agricultural production. *Tekhnika APK* [Technique AIC], 2000, no. 8, pp. 18–19 (In Ukraine).

12. Belodedov V., Nosko P., Fil P., Stavitskiy V. Parameter optimization using coefficient of variation of intervals for one-seed sowing apparatus with horizontal disk during maize seeding. *TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*, 2007, vol. VII, pp. 31–37 (In Poland).

13. Belodedov V., Nosko P., Boyko G., Fil P., Mazneva M.. Parameter optimization of dosator for technique cultures on the quantity intervals, close by to calculation. *TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*, 2013, vol. 13, no. 4, pp. 18–24 (In Poland).

14. *Tochnoye zemledeliye v Ukraine* [Precision agriculture in Ukraine]. Available at: <<http://b-logbook.info/technology/agro-technology/precision-agriculture.html>> (accessed 02.02.2016).

15. Koganov A. B., Ybragymov H. N., Elkyn V. A., Hohlov A. V. *Ustroystvo dlya poseva s peremennoy normoy vyseva* [Device for planting with variable seeding rate]. Patent UA, no. 1544230. Available at: <<http://patents.su/5-1544230-ustrojstvo-dlya-poseva-s-peremennoj-normoj-vyseva.html>> (accessed 04.02.2016).

16. Aniskevych L. V., Onyshhenko V. B., Brovarec O. O. *Sivalka dlya dyferenciyovanoj sivy z kotushkovo-shtyftovym vysivnym aparatom* [The planter for variable-rate seeding with a reel-pin metering apparatus]. Patent UA, no. 80053. Available at: <<http://uapatents.com/4-80053-sivalka-dlya-diferencijjovano-sivbi-z-kotushkovo-shtiftovim-visivnim-aparatom.html>> (accessed 05.02.2016).

17. Brovarec O. O., Aniskevych L. V., Onyshchenko V. B. *Sivalka dlya dyferenciyovanoj sivy z kotushkovo-shtyftovym vysivnym aparatom* [The planter for variable-rate seeding with a reel-pin metering apparatus]. Patent UA, no. 100962. Available at: <<http://uapatents.com/4-100962-sivalka-dlya-diferencijjovano-sivbi-z-kotushkovo-shtiftovim-visivnim-aparatom.html>> (accessed 05.02.2016).

18. Voytyuk D. G., Yamkov O. V., Bernkhardt G., Gavrylyuk G. R., Aniskevych L. V. *Vysivayucha sistema sivalky dlya tochnogo zemlerobstva* [Seed metering system of the planter for precision farming]. Patent UA, no. 29525. Available at: <<http://uapatents.com/5-29525-visivna-sistema-sivalki-dlya-tochnogo-zemlerobstva.html>> (accessed 06.02.2016).

19. Fedorchak V. V., Boyko A. I., Sviren M. O., Amosov V. V. *Pnevmoimpulsnyy vysivayuchyy aparat dlya sivalky tochnogo zemlerobstva* [Pneumopulse sowing machine seeder for precision farming]. Patent UA, no. 44525. Available at: <<http://uapatents.com/2-44525-pnevmoimpulsnij-visivnij-aparat-sivalki-dlya-tochnogo-zemlerobstva.html>> (accessed 08.02.2016).

20. Malakov Yu. F. Device monitoring and adjusting dosing of fertilizers. *Traktory i sel'skokhozyaystvennyye mashiny* [Tractors and agricultural machinery], 2000, no. 12, pp. 32–33 (In Russian).

21. *Sistema dlya realizatsii smennykh norm vyseva* [System for the implementation of the replacement of seeding rates]. Available at: <<http://elibrary.nubip.edu.ua/7089/>> (accessed 09.02.2016).

22. Aniskevych L. V., Brovarec O. O., Onyshhenko V. B. *Sivalka dlya dyferenciyovanoj sivy z vibracijnym vysivnym aparatom* [The planter for variable-rate seeding with the vibration metering system]. Patent UA, no. 80351. Available at: <<http://uapatents.com/4-80351-sivalka-dlya-diferencijjovano-sivbi-z-vibracijnim-visivnim-aparatom.html>> (accessed 10.02.2016).

23. *Tochnoye zemledeliye povyshayet rentabel'nost' rasteniyevodstva* [Precision agriculture improves the profitability of crop production]. Available at: <<http://b-logbook.info/interview/tochnoe-zemledeliye-povyshaet-rentabelnost-rasteniyevodstva.html>> (accessed 11.02.2016).

24. Pankov A., Zamota T., Shcheglov A. The research of application and working process of fluid-jet elements and devices in planting techniques. *TEKA Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture*, 2014, vol. 14, no. 1, pp. 191–199 (In Poland).

Информация об авторах

Аулин Виктор Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Эксплуатация и ремонт машин». Кировоградский национальный технический университет (25006, г. Кировоград, пр-т Университетский, 8, Украина). E-mail: aulin52@mail.ru

Панков Андрей Александрович – кандидат технических наук, доцент, соискатель кафедры «Эксплуатация и ремонт машин». Кировоградский национальный технический университет (25006, г. Кировоград, пр-т Университетский, 8, Украина). E-mail: app.post@rambler.ru

Information about the authors

Aulin Victor Vasil'evich – DSc (Engineering), Professor, the Department “Exploitation and Repair of Machines”. Kirovograd National Technical University (8, Universitetskiy Ave., 25006, Kirovograd, Ukraine). E-mail: aulin52@mail.ru

Pankov Andrey Aleksandrovich - PhD (Engineering), Associate Professor, external doctorate student, the Department “Exploitation and repair of machines”. Kirovograd National Technical University (8, Universitetskiy Ave., 25006, Kirovograd, Ukraine). E-mail: app.post@rambler.ru

Поступила 29.03.2016