

было установлено, что в осенний бесснежный период нарастание мерзлоты в борозде и на загоне идет с одинаковой скоростью и глубина в них колеблется в пределах точности измерений. В весенний период ситуация изменяется. Мощность мерзлого слоя почвы в борозде меньше в среднем в 1,5-2,0 раза по сравнению с загонем. Из этого следует, сколь значительное утепляющее влияние оказывает снежный покров в условиях микрорельефа. Такую же закономерность на минеральных и торфяных почвах наблюдали многие авторы [7, 8, 9], результаты которых согласуются с полученными.

#### Заключение.

1. Процесс промерзания почвы неустановившийся во времени. Баланс теплотокмов атмосферы и земли определяют динамику промерзания почвы. Наблюдается оттаивание почвы со стороны ее нижнего горизонта при повышении температуры воздуха, но сохранении отрицательного значения.
2. Характер распределения пространственной неравномерности промерзания сохраняется по годам и обусловлен микрорельефом почвы.
3. Глубина промерзания в борозде в 1,5-2,0 раза меньше чем на загоне, что пропорционально увеличению мощности снега.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Роман, Л.Г. Теплофизические свойства талых и мерзлых затопленных грунтов и сжимаемость их при оттаивании / Л.Г. Ро-

ман // Инженерная геокриология (мерзлотоведение). – М., 1973. – Т. 24. – С. 83-103.

2. Шебеко, В.Ф. Промерзание осушаемых болот / В.Ф. Шебеко, А.И. Киселева // Труды ин-та БелНИИМВХ. – 1976. – Вып. XXIV – С. 151-161.
3. Шебеко, В.Ф. Изменение микроклимата под влиянием мелиорации болот / В.Ф. Шебеко. – Мн.: Наука и техника, 1977. – 286 с.
4. Лазарчук, П.А. Оптимизация расчета осушительно-увлажнительных систем и управление ими: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 06.01.02 / Н.А. Лазарчук; БелНИИМВХ. – Мн., 1992 – 40 с.
5. Пехович, А.И. Расчет теплового режима твердых тел / А.И. Пехович, В.М. Жидких. – Л.: Энергия, 1968. – 303 с.
6. Пехович, А.И. Основы гидроледотермики. – Л.: Энергоатомизда, Ленинградское отделение, 1983.
7. Нересова, З.А. Инструктивные указания по определению количества незамерзшей воды, льда в мерзлых грунтах: материалы по лабораторному исследованию мерзлых грунтов. – М., 1954. – Вып. 2. – С. 55-57.
8. Рудой, А.У. Промерзание и оттаивание дренированных дерново-подзолистых почв тяжелого механического состава / А.У. Рудой // Мелиорация переувлажненных земель. – Мн.: Ураджай, 1976. – Т. XXIV. – С. 123-129.
9. Шульгин, А.М. Снежная мелиорация и климат почвы / А.М. Шульгин. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 68 с.

Материал поступил в редакцию 25.05.14

#### GLUSHKO K.A., GLUSHKO K.K. Detection of regularities of frost penetration in the peat soil

Conformities to law of the frozen solid of peat soil are exposed in a point and space. The method of continuous calculation of depth of the frozen solid of soil is offered. The estimation of warming role of snow is Given.

УДК 631.527.4

Строк Е.Я., Савчук С.В.

## БЕСКОНТАКТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ГЛУБИНЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА И ГИДРАВЛИКИ ТРАКТОРА

**Введение.** Актуальность задачи повышения технического уровня и конкурентоспособности мобильных сельскохозяйственных машин требует использования принципиально новых подходов к разработке систем управления рабочими органами на основе современных средств микропроцессорной техники и электроники.

По результатам исследований комбинированных почвообрабатывающих и посевных агрегатов в режиме силового регулирования имеет место нестабильность глубины обработки почвы или посева, связанная с неровностями рельефа почвы и отклонениями от горизонтального положения несущей рамы при копировании имеющегося рельефа, что особенно проявляется при большой длине машины, как правило, в зоне передних корпусов и на хвостовой части машины.

**Цель работы** – исследования и разработка средств автоматического регулирования и контроля процесса высева, применение которых позволит повысить качество технологических операций и более эффективно использовать современные энергонасыщенные тракторы.

К посеву предъявляются три основных требования: высев заданного количества семян на единицу площади поля, равномерное размещение их по площади поля, а также заделка их на определенную глубину [1]. Выполнение указанных требований можно обеспечить компенсацией продольно-угловых перемещений машинно-тракторного агрегата, характерных для полунавесных и навесных машин. Использование для копирования рельефа поверхности поля опорного колеса, расположенного вблизи оси подвеса, снижает сцепной вес на задних колесах трактора. Существуют конструкции,

обеспечивающие копирование рельефа поверхности поля опорным колесом при регулировании минимально возможного давления подпора в гидравлических цилиндрах навесного устройства трактора [2]. Стабилизация указанного параметра косвенно обеспечивает уменьшение девиации реакции со стороны почвы на опорное колесо от заданного значения. При этом реализация указанного контактного принципа копирования требует оснащения гидронавесной системы датчиком давления и гидроаккумулятором достаточно большого объема, а также введения дополнительного контура в микропроцессорном контроллере. Кроме того, металлоемкое опорное колесо усложняет конструкцию и увеличивает стоимость агрегируемой машины. Для улучшения копируемости рельефа поверхности поля путем согласования положения центра упругости подвески поддресоренного трактора, центра вращения тяг навесного устройства и продольной координаты копирующего колеса орудия разработаны рекомендации, а также обоснованы требования к компенсаторам продольно-угловых перемещений машинно-тракторного агрегата.

Поэтому представляется технически целесообразным оборудование пахотного агрегата системой высотного регулирования с ультразвуковым датчиком расстояния, обеспечивающей бесконтактное копирование рельефа почвы в условиях догрузки ведущих колес трактора.

Тракторный агрегат (рисунок 1) содержит электрогидравлическую систему управления, включающую насос 1, электрогидравлический регулятор 2, силовой гидроцилиндр 3, а также микропроцессорный контроллер 4, датчик 5 перемещения навесного устройства относительно остова трактора и ультразвуковой датчик расстояния

Строк Е.Я., к.т.н., ОИМ НАН Беларуси.

Савчук С.В., аспирант ОИМ НАН Беларуси, зам. главного инженера, главный конструктор сельскохозяйственного машиностроения, ОАО «БЭМЗ».

6. Полунавесной плуг 7 с опорным колесом 8 кинематически связан с навесным устройством трактора.

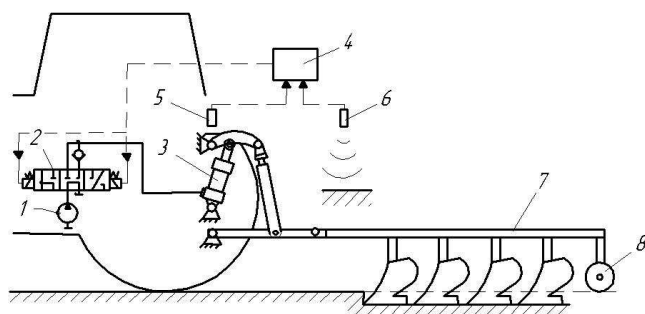


Рис. 1. Схема тракторного агрегата с системой высотного регулирования глубины пахоты

Повышение точности позиционирования навесного устройства относительно остова агрегата и предохранение его от опускания из-за утечек рабочей жидкости достигается путем введения обратной связи по положению [5]. Почвообрабатывающие операции при позиционном регулировании с соблюдением агротехнических требований возможны только на почвах со стабильным микрорельефом при условии отсутствия продольных колебаний агрегата. Командами для управления системой высотного регулирования являются сигналы от ультразвукового датчика расстояния, что позволяет обеспечить равномерную глубину обработки почвы по всей ширине захвата плуга путем автоматического регулирования положения передних корпусов с помощью корректирующего воздействия со стороны навесного устройства трактора.

При конструировании опытного образца ультразвукового датчика расстояния реализован вторичный преобразователь, обеспечивающий ограничение выходного сигнала в заданных пределах и возможность программирования параметров диапазона регулирования. Кроме того, с целью повышения помехозащищенности системы в условиях реального полевого фона были приняты специальные меры по формированию диаграммы направленности излучения и приема ультразвукового сигнала, отраженного от почвы [6].

Функциональная схема ультразвукового датчика расстояния показана на рисунке 2.

Датчик содержит пьезокерамический преобразователь, генератор, электронный преобразователь и блок первичной обработки сигналов. Генератор образует последовательность импульсов напряжения электрического сигнала, которая поступает на пьезокерамический преобразователь, излучающий ультразвуковой импульсный сигнал. Этот сигнал, распространяясь в воздухе со скоростью звука  $c$ , достигает почвы, отражается от нее и возвращается на указанный преобразователь, переведенный в режим приема. С выхода последнего снимается импульсный электрический сигнал и подается на блок его первичной обработки. В результате этого, на выходе блока возникает импульс электрического сигнала с задержкой  $\tau$  по отношению к импульсу синхронизации, направленному к электронному преобразователю от генератора.

Расстояние от пьезокерамического преобразователя до почвы определяется по формуле

$$L = \frac{ct}{2}$$

Электронный преобразователь ставит в соответствие указанному расстоянию выходное напряжение ультразвукового датчика.

В результате лабораторно-полевых испытаний тракторного агрегата, оборудованного системой высотного регулирования с ультразвуковым датчиком расстояния и многокорпусным полунавесным плугом, установлено, что при глубине пахоты 24 см среднеквадратичное отклонение составляет 2 см.

Удовлетворительное качество копирования рельефа почвообрабатывающим орудием иллюстрирует цифровая осциллограмма рабочих процессов, приведенная на рисунке 3.

Сравнительные статистические оценки работы пахотного агрегата указывают на преимущество высотного способа регулирования глубины перед силовым и позиционным по критерию соблюдения агротехнических требований. Наибольшая эффективность при работе пахотного агрегата может быть достигнута с использованием ультразвуковых средств измерения расстояния при условии активной стабилизации буксования ведущих колес трактора, например, путем бесступенчатого регулирования рабочей скорости движения.

Для улучшения компоновочных возможностей при установке ультразвукового датчика расстояния на посевном или пахотном агрегатах необходимо выполнить его с раздельным расположением приемника и излучателя в виде двух головок, что позволяет сместить нижнюю границу диапазона в сторону измерения малых расстояний. При этом обеспечивается максимальная чувствительность датчика за счет рационального выбора одной и той же резонансной частоты для излучателя и приемника.

Конструкция ультразвукового датчика расстояния системы высотного регулирования и алгоритм обработки его выходного сигнала должны обеспечить помехозащищенность при наличии в составе агрофона растительности или ее остатков. Эта задача решена путем использования рупорных насадок для приемника и излучателя при сужении диаграммы направленности до  $30^\circ$ , а также за счет введения фильтрации выходного сигнала указанного датчика и адаптивного управления его чувствительностью. При этом напряженность работы гидросистемы трактора снизилась в несколько раз вследствие уменьшения размаха регулируемой величины и частоты коррекций положения навесного устройства.

Установлено, что для посевного агрегата с системой высотного регулирования количество семян, заделанных в рабочем слое, на 4,5 % больше, чем в опыте без копирования рельефа поверхности поля, а неравномерность по глубине почвообработки почти в 2 раза меньше. Можно предположить, что предлагаемый подход к реализации системы высотного регулирования при посеве сельскохозяйственных культур позволит повысить их урожайность.

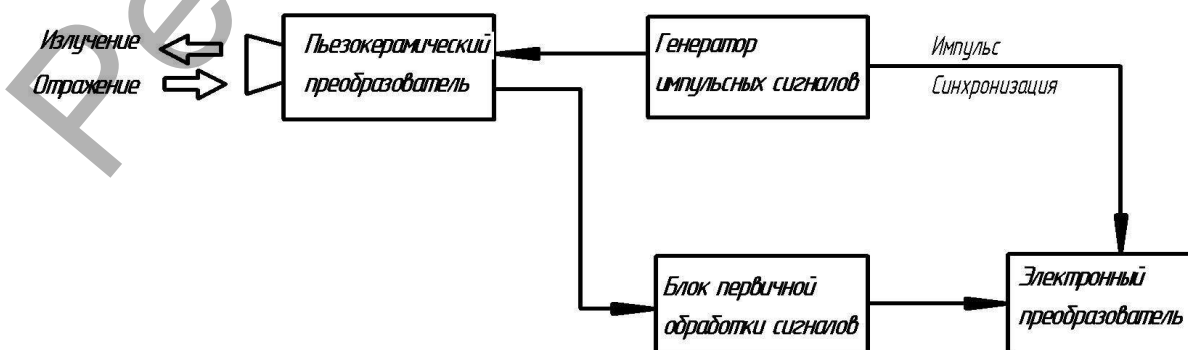


Рис. 2. Функциональная схема ультразвукового датчика расстояния

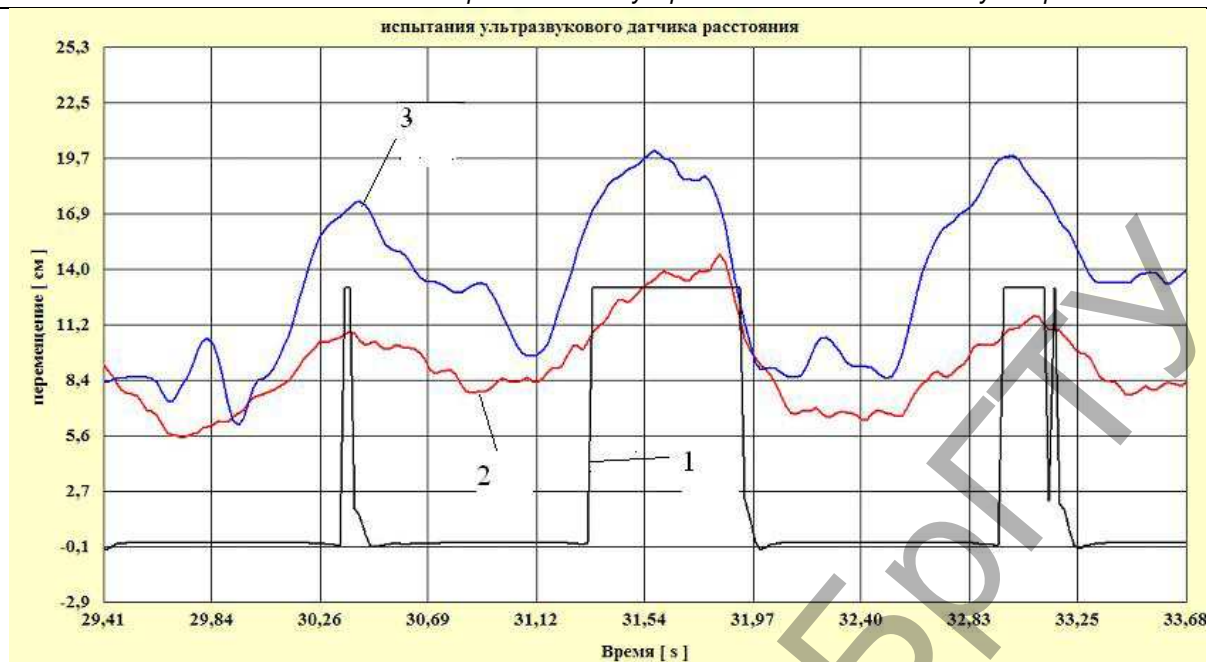


Рис. 3. Осциллограмма рабочих процессов копирования рельефа почвообрабатывающим орудием: 1 – напряжение управления на обмотке электромагнита при подъеме навесного устройства; 2 и 3 – выходные сигналы эталонного измерителя расстояния и ультразвукового датчика

**Заключение.** Экспериментальная проверка эффективности указанного подхода при регулировании функциональных параметров пахотного агрегата в рамках сравнительных испытаний показала, что неравномерность глубины вспашки при высотном способе с использованием бесконтактного копирования рельефа поверхности поля имеет наименьшее значение и соответствует агротехническим требованиям. Поэтому применение ультразвукового датчика расстояния с соответствующим алгоритмическим и программным обеспечением в системах высотного регулирования положения рабочих органов сельхозмашин является весьма перспективным.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Захарченко, А.Ю. Предпосылки создания системы текущего контроля процесса точного высева // *Агрожурнал. Сельское хозяйство. Технологии. Аналитика. Техника.* [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <http://www.agrojour.ru/tekhologii/>

[predposylki-sozdaniya-sistemy-tekushhego-kontrolya-processa-tochnogo-vyseva.html](#). – Дата доступа: 28.10.2010.

2. Строк, Д.Е. Исследование динамических процессов в гидронавесном устройстве пахотного агрегата при копировании рельефа почвы // *Известия Национальной академии наук Беларуси.* – 2004. – № 2: Сер. физико-техн. наук.
3. Ващула, А.В. Повышение навесоспособности трактора в рабочем положении компенсацией продольно-угловых перемещений: автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Минск: БГАТУ, 2010.
4. Жданкин, В. Ультразвуковые датчики для систем управления // *Современные технологии автоматизации.* – 2003. – № 4.
5. Способ определения расстояния до сплошной поверхности объекта: патент РФ № 2391627 / В.Н. Зинченко, В.Г. Никифоров, В.Н. Шелехов, Е.Я. Строк, Л.Д. Бельчик. – Оpubл. 10.06.2010, Бюл. № 45.

Материал поступил в редакцию 01.04.14

#### STROK E.YA., SAVCHUK S.V. Contactless regulation of depth of processing of the soil with use of the ultrasonic sensor and tractor hydraulics

The preconditions and towards the creation of a high-rise automatic regulation systems using ultrasonic distance sensors. The results of experimental studies of high-altitude adjustment for non-contact surface topography copying field. Contact less principle of terrain copying is allowed to load additionally back driving axle of tractor without using supporting wheels in the zone of mount axle of agricultural machine. Conclusions about the effectiveness of the design and implementation perspective.

УДК:911.5(476):631.4(476)

**Пилецкий И.В., Кочергина М.В.**

### СОВРЕМЕННАЯ СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КУЛЬТУРНЫХ ЛАНДШАФТОВ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

**Введение.** Почвы и их плодородие следует рассматривать как невозобновляемый природный ресурс, обеспечивающий 98 % продуктов питания и большого разнообразия промышленного сырья [1]. Но почвы – это не только незаменимая основа сельского хозяйства, но и основная среда обитания и жизнедеятельности разнообразия живых существ на Земле.

Почвенный покров ландшафтов Белорусского Поозерья из-за

быстрой смены в пространстве одних почвообразующих пород другими сильно изменчив [2]. Это отрицательно сказывается на интенсификации ведения сельского хозяйства. Нерациональная территориальная организация ландшафтов региона способствует изменению климата, является причиной деградации почв и снижения эффективности сельскохозяйственного производства [1]. Поэтому, вопросы, связанные с выполнением социально-экологической оцен-

*Пилецкий Иван Васильевич, к.т.н., доцент Витебской государственной академии ветеринарной медицины.*

*Кочергина Мария Владимировна, студентка заочного факультета Витебской государственной академии ветеринарной медицины. Республика Беларусь, 210026, г. Витебск, ул. Доватора, дом 7/11.*

*Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология*