

ПРИСПОСОБЛЯЕМОСТЬ ХОДОВЫХ СИСТЕМ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ К ПОЧВЕННЫМ УСЛОВИЯМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.Н. Орда, докт. техн. наук, профессор, В.А. Шкляревич, ст. преподаватель (БГАТУ);
А.С. Воробей, канд. техн. наук (РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»)

Аннотация

В статье рассмотрены элементы агроэкосистемы «человек – ходовая система почвообрабатывающего агрегата – почва» и связь между ними. Предложены зависимости по расчету меры упорядоченности подсистемы «ходовая система – почва», которая может служить в качестве показателя по оценке приспособляемости ходовых систем почвообрабатывающих агрегатов к почвенным условиям.

Agro ecosystem elements "a persons is a running system of the soil-cultivating unit is the soil" and communication between them are considered in the article. Dependences by calculation of a measure of orderliness of a subsystem "a running system is the soil" which can serve as an indicator according to adaptability of running systems of soil-cultivating units to soil conditions are offered.

Введение

Как правило, существующие в настоящее время конструкции ходовых систем тракторов и других самоходных сельскохозяйственных машин обеспечивают их высокую проходимость без учета уровня воздействия на почву, в ущерб последней. Так, например, тракторы тяговых классов 3 и 5, получившие повсеместное использование в операциях, связанных с обработкой почвы, обладая высокой мощностью и шинами с развитыми почвозацепами, обеспечивают проходимость почвообрабатывающих агрегатов на их основе в переувлажненных почвенных условиях, оставляя глубокий след с переуплотненной в нем почвой. Поэтому параметры и компоновка ходовых систем почвообрабатывающих агрегатов, особенно тех, в состав которых входят тяжелые и энергонасыщенные тракторы, должны быть управляемыми.

Основная часть

Одним из основных критериев оценки совершенства конструкции ходовых систем является их влияние на агроэкосистему, которая отличается от естественной экосистемы наличием технологических воздействий. Вследствие воздействия ходовых систем почвообрабатывающих агрегатов на структурную почву состояние агроэкосистем менее устойчиво, чем естественной экосистемы. Устойчивость в данном случае характеризуется тем, как агроэкосистема самопроизвольно возвращается в первоначальное состояние, будучи из него выведенным такими внешними воздействиями как уплотнение почвы ходовыми системами почвообрабатывающих агрегатов.

Почвообрабатывающий агрегат представляет собой агротехническую систему, применительно к кото-

рой рассматриваются следующие системные взаимодействия: ходовая система – почва; оператор – почвообрабатывающий агрегат; человек – почва (рис. 1).

Для анализа этих взаимодействий можно применить информационный подход. Функционирование почвообрабатывающего агрегата обеспечивается за счет поступающей извне энергии и информации. При этом происходит процесс обмена информацией между элементами этой агротехнической системы. Для упорядочения и организации информационного взаимодействия между элементами системы применяется

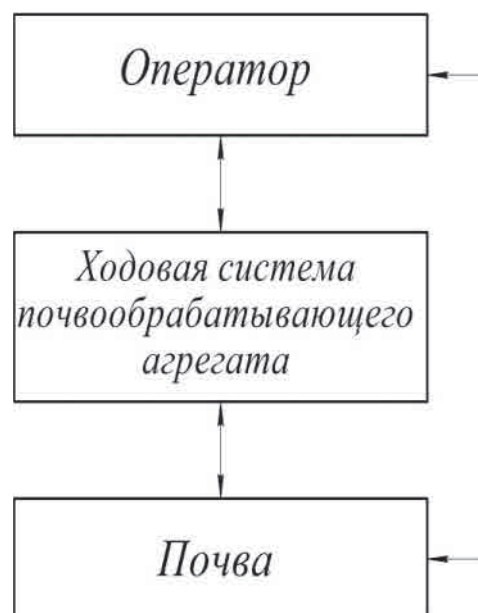


Рисунок 1. Связь элементов агроэкосистемы

управление. В системах, оказавшихся в условиях неорганизованных взаимодействий со средой, без восполнения энергетических и информационных ресурсов возрастает неупорядоченность и снижается эффективность их функционирования [1].

Применительно к агротехнической системе неорганизованное взаимодействие со средой проявляется в разрушении структуры и переуплотнении почвы ходовыми системами почвообрабатывающих агрегатов. Из исследований [2] следует, что при воздействии ходовых систем почвообрабатывающих агрегатов на почву энтропия процесса взаимодействия элементов подсистемы «ходовая система – почва» начинает расти. Из теории информации известно, что энтропия есть мера недостатка информации о некоторой физической системе, любое влияние на которую автоматически ведет к изменению ее энтропии. Эффективность такого влияния может быть определена как отношение полученной информации к связанному с ней увеличению энтропии.

Из исследований [3] известно, что

$$J + S = const,$$

где J – количество информации, бит;

S – энтропия, бит.

Из изложенного следует, что введение в систему определенного количества информации способствует снижению энтропии, для чего почвообрабатывающий агрегат необходимо «насыщать информацией», т. е. выбирать и управлять параметрами и компоновкой ходовых систем, обеспечивающих их допустимый уровень воздействия на почву, применять приспособления для снижения уплотнения почвы.

Управляемая агротехническая система должна быть организованной и упорядоченной. В качестве меры упорядоченности системы принимается степень отклонения ее состояния от термодинамического равновесия [4]:

$$R = 1 - \frac{S}{S_m}, \quad (1)$$

где R – мера упорядоченности системы;

S – энтропия для данного состояния системы, бит;

S_m – максимальное значение энтропии, бит.

С помощью формулы (1) мера упорядоченности системы будет оцениваться в пределах от 0 до 1. Нижнее значение меры упорядоченности будет иметь система, находящаяся в полном беспорядке, верхнее – идеально упорядоченная система.

Найдем меру упорядоченности агротехнической подсистемы «ходовая система – почва». Энтропия процесса деформации почвы ходовой системой выражается зависимостью [4]:

$$S = c \cdot \frac{p_0^2}{k} \ln \operatorname{ch} \left(\frac{k}{p_0} h \right), \quad (2)$$

где c – коэффициент пропорциональности, бит·Н⁻¹·м;

p_0 – предел несущей способности почвы, Па;

k – коэффициент объемного смятия почвы, кН/м³;

h – деформация почвы в результате воздействия рассматриваемой ходовой системы, м.

Выражение (2) получено с помощью зависимости гиперболического тангенса между напряжением σ и деформацией почвы [4]:

$$\sigma = p_0 th \left(\frac{k}{p_0} h \right). \quad (3)$$

Путем подстановки выражения (2) в зависимость (1) найдем меру упорядоченности рассматриваемой подсистемы при движении ходовой системы почвообрабатывающего агрегата по связной почве (стерне):

$$R = 1 - \frac{\ln \left| \operatorname{ch} \left(\frac{k}{p_0} h \right) \right|}{\ln \left| \operatorname{ch} \left(\frac{k}{p_0} h_m \right) \right|}, \quad (4)$$

где h_m – деформация почвы, при которой энтропия достигает максимального значения, м.

Зависимость между напряжением и деформацией почвы, подготовленной под посев, записывается в виде [4]:

$$\sigma = \frac{a}{b} \operatorname{tg}(a \cdot b \cdot h), \quad (5)$$

где a , – почвенный коэффициент, Н^{1/2}·м^{-3/2};

b – почвенный коэффициент, Н^{-1/2}·м^{1/2}.

Мера упорядоченности исследуемой подсистемы для случая взаимодействия ходовой системы с почвой, подготовленной под посев, согласно зависимости (1), с учетом выражения (5) определяется по формуле [4]:

$$R = 1 - \frac{\ln |\cos(a \cdot b \cdot h)|}{\ln |\cos(a \cdot b \cdot h_m)|}. \quad (6)$$

Деформация h в зависимости от типа почвы и конструкции ходовой системы определяется по зависимостям [4]:

$$h_n = \frac{p_0}{k} \operatorname{Arch} \left(\frac{n^B}{\sqrt{1 - \frac{\sigma^2}{p_0^2}}} \right), \quad (7)$$

$$h_n = \frac{1}{a \cdot b} \operatorname{Arc} \cos \left(\frac{n^{-B_1}}{\sqrt{1 + \left(\frac{b^2}{a^2} \right) \sigma^2}} \right), \quad (8)$$

где B – коэффициент накопления повторных осадок для связных почв;

B_1 – коэффициент накопления повторных осадков для почв, подготовленных под посев.

Деформация h_m , при которой энтропия достигает максимального значения, определяется из условия достижения пористостью критического значения.

Мера упорядоченности подсистемы «ходовая система – почва» может служить в качестве показателя приспособляемости почвообрабатывающего агрегата к почвенным условиям эксплуатации.

Важное значение для улучшения приспособляемости ходовой системы к почве имеет совершенствование подсистем «оператор – почвообрабатывающий агрегат» и «человек – почва». Применительно к решению задачи по улучшению приспособляемости ходовых систем к почвенным условиям важно оценить степень влияния оператора на возможность переналадки и регулировки почвообрабатывающего агрегата при изменении почвенных условий. Для этого необходимо агроному, инженеру, механизатору овладеть приемами и операциями почвообрабатывающей обработки почвы.

Предложенные зависимости (4) и (6) по расчету показателя приспособляемости почвообрабатывающего агрегата к почвенным условиям эксплуатации позволяют дать оценку различным приспособлениям повышения проходимости. На основании этого авторами предложены изобретения [5-8], в которых обоснованы пути улучшения «приспособляемости ходовых систем почвообрабатывающего агрегата к различным почвенным фонам». Так, например, преобразование колеса в колесо-гусеничный движитель в зависимости от конструкции приспособления (рис. 2) позволяет увеличить показатель приспособляемости почвообрабатывающего агрегата к условиям эксплуатации в 1,5 - 2 раза.

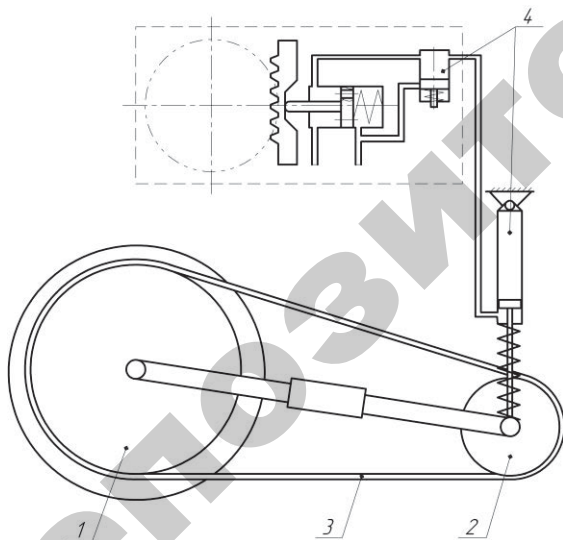


Рисунок 2. Полугусеничный ход колесного трактора: 1 – ведущее колесо; 2 – ведомое колесо; 3 – гибкий обод; 4 – гидросистема трактора

При использовании почвообрабатывающих агрегатов на переувлажненных почвах или почвах, обладающих низкой несущей способностью, предложены конструкции гусеничных и полугусеничных движи-

телей (рис. 3, 4), колесного транспортного средства со сдвоенными колесами (рис. 5), позволяющие повысить их проходимость и увеличить показатель приспособляемости почвообрабатывающего агрегата к почвенным условиям эксплуатации более чем в 2 раза.

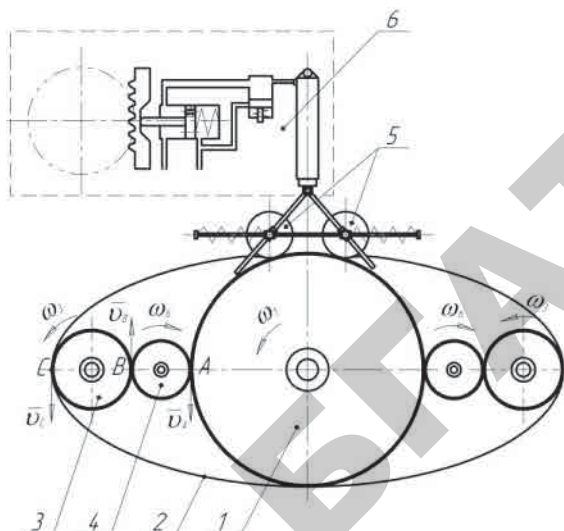


Рисунок 3. Колесо-гусеничный движитель: 1 – ведущее колесо; 2 – гибкий обод; 3 – ведомый ролик; 4 – промежуточный ролик; 5 – обжимные катки; 6 – гидросистема

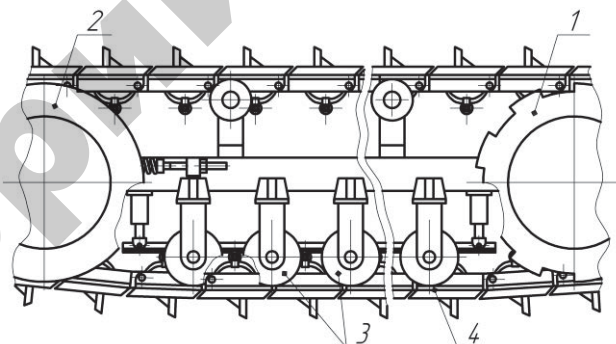


Рисунок 4. Гусеничный движитель: 1 – ведущее колесо; 2 – ведомое колесо; 3 – опорные катки; 4 – гусеничная лента

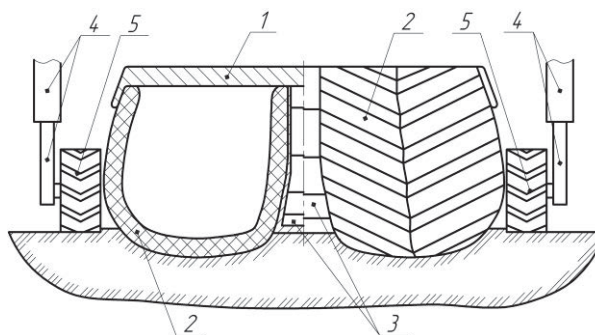


Рисунок 5. Сдвоенное колесо транспортного средства повышенной проходимости: 1 – обод; 2 – шины; 3 – клиновидная вставка; 4 – гидроцилиндры; 5 – дополнительные выдвигаемые колеса

Заключение

На основании рассмотрения связей между элементами агроэкосистемы «человек – ходовая система почвообрабатывающего агрегата – почва» предложены зависимости по расчету меры упорядоченности подсистемы «ходовая система – почва», с помощью которых можно выбирать и управлять параметрами и компоновкой ходовых систем почвообрабатывающих агрегатов, обеспечивающих их допустимый уровень воздействия на почву. Предложены конструкции движителей почвообрабатывающих агрегатов, позволяющие повысить показатель приспособляемости почвообрабатывающего агрегата к почвенным условиям эксплуатации в 1,5 – 2 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игнатъев, М. В. Моделирование системы машин / М. В. Игнатъев, Б. З. Ильевский, Л. П. Клаус. – Л.: Машиностроение, 1986. – 304 с.
2. Чигарев, Ю. В. Математические основы механики почв / Ю. В. Чигарев, П. Н. Синкевич. – Мн.: УП «Технопринт», 2004. – 164 с.
3. Волькенштейн, М. В. Биофизика / М. В. Волькенштейн. – М.: Наука, 1981. – 576 с.
4. Орда, А. Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: дис.

... д-ра техн. наук: 05. 20. 03 / А. Н. Орда; Белор. аграр. техн. ун-т. – Минск, 1997. – 269 с.

5. Полугусеничный ход колесного трактора: пат. 2328 Респ. Беларусь, МПК 7 В 62D 55/04 / А.Н. Орда, В.А. Шкляревич, Н.А. Гирейко, А.А. Зенькович, А.Б. Селеш; заявитель Белор. гос. аграр. техн. ун-т. – № 20050262; заявл. 06.05.05; опубл. 30.12.05 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2005. – №4. – С. 39.

6. Транспортное средство повышенной проходимости: пат. 6071 Респ. Беларусь, МПК В 60В 11/00 / А.Н. Орда, В.А. Шкляревич; заявитель Белор. гос. аграр. техн. ун-т. – № 20090581; заявл. 06.07.09; опубл. 30.04.10 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2010. – № 2. – С. 183.

7. Движитель транспортного средства: пат. 14390 Респ. Беларусь, МПК В 62D 55/00 / А.Н. Орда, В.А. Шкляревич; заявитель: Белор. гос. аграр. техн. ун-т. – № 20090212; заявл. 16.02.09; опубл. 30.06.11 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2011. – № 3.

8. Гусеничный движитель: пат. 16452 Респ. Беларусь, МПК В 62D 55/26 / А.Н. Орда, В.А. Агейчик, В.А. Шкляревич; заявитель: Белор. гос. аграр. техн. ун-т. – № 20100686; заявл. 07.05.10; опубл. 30.10.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 5.

УДК 631.3.02: 631.4

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 25.11.2012

ДОПУСТИМЫЙ УРОВЕНЬ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХОДОВЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ПОЧВУ

Г.И. Гедроить, канд. техн. наук, доцент, Ю.И. Томкунас, канд. техн. наук, доцент, А.Д. Чечеткин, канд. техн. наук, доцент (БГАТУ)

Аннотация

Проанализирована нормативная документация по ограничению уровня воздействия ходовых систем сельскохозяйственной техники на почву. Дана оценка показателей воздействия для тракторов БЕЛАРУС. Приведены результаты полевых исследований по определению свойств почвы в следах ходовых систем с допустимым уровнем воздействия.

Standard documentation on the restriction of the level of influence of running systems of agricultural machinery on the soil is analyzed. The assessment of indicators of influence on the BELARUS tractors is given. The results of field researches on determination of properties of the soil are given in traces of running systems with admissible level of influence.

Введение

В 1986 г. в СССР был принят ГОСТ 26955-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву» [1]. Введению стандарта предшествовала скоординированная 15-летняя работа научно-исследовательских и проектных организаций по обоснованию допустимых норм. Ведущую роль играли Всесоюзный институт механизации (ВИМ), НПО по тракторостроению (НАТИ), Почвенный институт им. Докучаева, Агрофизический

научно-исследовательский институт (АФИ) и ряд зональных институтов. В 1986 году в рамках общесоюзной научно-технической программы 0.51.12 было принято задание 03 «Разработать и внедрить технические процессы, новые и усовершенствованные машины с движителями, обеспечивающими допустимое воздействие на почву». В течение 1986-1990 годов был утвержден и прошел широкую экспертную оценку указанный выше ГОСТ, созданы и исследованы образцы техники с допустимым давлением на почву. От Бела-