

4. Persson T. Powersim. A snort introduction // System Analysis Group. Uppsala University. Uppsala, 1995. 22 pp.

5. Хуссар В., Муру Я. Мысленная модель от силосного рулона до легкового автомобиля. Газета "МААЛЕНТ" № 26 от 03.07.1997. С. 7-8.

## **ИНФОРМАЦИОННО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ СОВМЕСТИМОСТИ МАШИННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СРЕДЫ**

*Л. С. Герасимович, А. Н. Орда, П. Н. Синкевич (БАТУ)*

Совершенство машинных технологий будем оценивать по тому, как они влияют на агроэкосистему. Агроэкосистема отличается от естественной экосистемы наличием технологических воздействий. Из-за нарушения структуры почвы состояние агроэкосистем менее устойчиво, чем естественной экосистемы. Устойчивость в данном случае характеризуется тем, как агроэкосистема самопроизвольно возвращается в первоначальное состояние, будучи из него выведенным внешними воздействиями [1].

Машинно-тракторный агрегат представляет собой человеко-машинную агротехническую систему. Применительно к ней будем рассматривать следующие системные взаимодействия:

- а) ходовая система и рабочий орган-почва;
- б) оператор — МТА;
- в) человек — почва.

Для анализа этих взаимодействий можно применить информационный подход.

Функционирование машинно-тракторного агрегата обеспечивается за счет поступающей извне энергии и информации. При этом происходит процесс обмена информацией между элементами агротехнической системы. Для упорядочения и организации информационного взаимодействия между элементами системы применяется управление. В системах, оказавшихся в условиях неорганизованных

взаимодействий со средой, без восполнения энергетических и информационных ресурсов возрастает неупорядоченность и снижается эффективность функционирования [2].

Применительно к агротехнической системе неорганизованное взаимодействие со средой проявляется в разрушении структуры почвы машинными агрегатами. С увеличением деформации почвы возрастает ее энтропия (неупорядоченность). Из исследований [3] также следует возрастание энтропии почвы при воздействии ходовых систем.

Из теории информации известно, что энтропия может рассматриваться как мера недостатка информации о некоторой физической системе. Любое воздействие над физической системой автоматически ведет к изменению ее энтропии. Эффективность воздействия может быть определена как соотношение полученной информации к связанному с ней увеличению энтропии [4].

Из исследований [5] известно, что

$$J + S = const, \quad (1)$$

где  $J$  — количество информации, бит;

$S$  — энтропия, бит.

В данном случае 1 бит информации эквивалентен

$$k \ln 2 = 10^{-23} \text{ Дж/К},$$

где  $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$  — постоянная Больцмана.

Из изложенного следует, что введение в систему определенного количества информации способствует снижению энтропии и наоборот (причинно-следственная связь). Для снижения энтропии почвы следует взаимодействующий с нею машинно-тракторный агрегат «насыщать информацией», т. е. выбирать ходовые системы с допустимым давлением на почву, применять приспособления для снижения уплотнения почвы.

Для управления агротехнической системой надо сделать ее организованной, упорядоченной. В качестве меры упорядоченности системы принимается степень

отклонения ее состояния от термодинамического равновесия [6]

$$R = 1 - \frac{S}{S_m}, \quad (2)$$

где  $R$  — мера упорядоченности системы;

$S$  — энтропия для данного состояния системы;

$S_m$  — максимальное значение энтропии.

С помощью формулы (2) 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.

Мера упорядоченности системы «машинно-тракторный агрегат — почва»  $R$  может служить в качестве информационно-энергетического показателя совместимости машинных технологий и среды.

Подсистему «оператор — МТА» изучают такие науки, как инженерная психология и эргономика. Применительно к решению задачи по улучшению приспособляемости ходовых систем к почвенным условиям важно оценить степень влияния оператора на возможность переналадки МТА при изменении почвенных условий. Для этого лучше подходит открытая форма МТА, способная к трансформации.

Важное значение для улучшения приспособляемости движителей к почве имеет совершенствование подсистемы «человек — почва». Для этого агроному, инженеру, трактористу необходимо овладеть приемами почвозащитной обработки почвы.

Найдем информационно-энергетический показатель совместимости машинных технологий и среды применительно к воздействию ходовой системы МТА на почву. Энтропия процесса деформации почвы ходовой системой пропорциональна величине работы необратимой деформации почвы. Наибольшее воздействие ходовая система оказывает на почву, подготовленную под посев. Найдем

для данного случая информационно-энергетический показатель совместимости ходовой системы и почвы.

Найдем информационно-энергетический показатель совместимости машинных технологий и среды применительно к воздействию ходовой системы МТА на почву. Энтропия процесса деформации почвы ходовой системой пропорциональна величине работы необратимой деформации почвы. Наибольшее воздействие ходовая система оказывает на почву, подготовленную под посев. Найдем для данного случая информационно-энергетический показатель совместимости ходовой системы и почвы.

Для почвы, подготовленной под посев, предложена следующая зависимость между напряжением и деформацией почвы [7]:

$$\sigma = \frac{a}{b} \operatorname{tg}(abh), \quad (3)$$

где  $a = \sqrt{k_0}$  ;

$k_0$  — коэффициент объемного сжатия почвы, Н/м ;

$h_{\text{упл}}$  — предельная величина деформации, м.

$$b = \frac{\pi}{2} \frac{l}{h_{\text{упл}} \sqrt{k_0}},$$

$$h_{\text{упл}} = H \frac{\varepsilon - \varepsilon_0}{(1 + \varepsilon_0)[1 - 2\nu(1 + \varepsilon_{\text{min}})]},$$

где  $H$  — высота пахотного слоя, м;

$\varepsilon_0$  — коэффициент пористости почвы до нагружения;

$\varepsilon_{\text{min}}$  — минимально возможный коэффициент пористости почвы;

$\nu$  — коэффициент бокового расширения почвы для случая деформирования с ограниченной возможностью расширения.

Используя зависимости (2) и (3), найдем информационно-энергетический показатель совместимости ходовой системы с почвой, подготовленной под посев:

$$R = 1 - \frac{\ln|\cos(abh)|}{\ln|\cos(abh_m)|}, \quad (4)$$

где  $h_m$  — деформация почвы, при которой достигается максимальная энтропия, м.

Деформация  $h_m$ , при которой энтропия достигает максимального значения, определяется из условия достижения критического значения пористости почвы.

Предложенная формула по расчету информационно-энергетической совместимости машины и среды позволяет дать оценку различным приспособлениям и управляющим воздействиям для повышения проходимости. Расчеты показали, что преобразование колеса в колесно-гусеничный движитель позволяет увеличить показатель приспособляемости МТА к условиям эксплуатации в 1,5 - 2 раза в зависимости от конструкции приспособления.

Целесообразно дальнейшее развитие такого подхода.

Рассматривая машинно-тракторный агрегат как автоматизированную систему управления с использованием современных средств бортовой вычислительной техники, предложенный интегральный показатель позволяет разработать оптимальный алгоритм управления агрегатом.

Задача состоит в том, чтобы по заданному (целевому) состоянию полученного интегрального критерия МТА как сложного объекта управления определить такой набор факторов, который с наибольшей эффективностью перевел бы объект управления в это состояние.

Факторы могут быть разделены на зависящие и не зависящие от оператора в данной АСУ, а именно:

- управляющие воздействия и приспособления;
- факторы окружающей среды и предыстория (состав почвы, ее уплотнение, влажность и т. д.).

Другими словами, речь идет о создании алгоритма адаптированной АСУ как наиболее перспективной для обработки информации современными средствами вычислительной техники.

В работе предложена и обоснована матричная информационная модель АСУ МТА. Данная модель базируется на многокритериальном подходе к принятию решений с применением предложенного информационного энергетического показателя, а в качестве частных критериев используется семантическая мера информации А.А. Харкевича на основе апостериорального подхода [8]. Сущность этого подхода состоит в том, что количество информации оценивается по изменению степени целесообразности поведения системы в результате сообщения ей данной информации [9].

Информационная модель адаптивного АСУ представлена в форме двухмерной матрицы, столбцы которой соответствуют целевым и другим состояниям, а строки — входным параметрам, т. е. факторам.

Алгоритм управляющего воздействия позволяет, отказавшись от попытки построения конкретной содержательной аналитической модели, разработать и обучить автоматизированную систему, наполнив ее информацией о ее реальном поведении, поступающей в процессе подбора приспособлений и в эксплуатации.

Алгоритм решения включает следующие задачи: расчет влияния факторов на переход в различные возможные состояния; прогнозирование поведения АСУ при конкретном управляющем воздействии, выработка многофакторного управляющего воздействия; выявление факторов, вносящих основной вклад в детерминацию состояния системы; контролируемое удаление второстепенных факторов (снижение размерностей модели); сравнение влияния факторов и состояния системы.

Дальнейшая работа предлагает отбор факторов и разработку программного обеспечения перечисленных задач.

## *Литература*

1. Бриллиозн Л. Наука и теория информации. М.: Физматгиз, 1960. 392 с.
2. Волькенштейн М.В. Биофизика. М.: Наука, 1981. 576 с.
3. Игнатъев М.В., Ильевский Б.З., Клаус Л.П. Моделирование системы машин. Л.: Машиностроение, 1986. 304 с.
4. Лернер А. Начало кибернетики. М.: Наука, 1967. 400 с.
5. Нугис Э.Ю. Обеспечение оптимального физического состояния почв путем рационального использования технических средств разноглубинной почвообработки (на примере Эстонской ССР): Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.20.01 / ЦНИИМЭСХ. Мн, 1988. 32 с.
6. Орда А.Н. Оценка воздействия многоопорных машин на почву // Оптимальное взаимодействие: Тез. симпозиума по террамеханике. Суздаль, 1992. С. 169-176
7. Полуэктов Р.А. Динамические модели агроэкосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1991. 312 с.
8. Симанков В.С., Луценко Е.В. Моделирование принятия решений в адаптивных АСУ сложными системами на основе теории информации / Информационные технологии, 1999, № 2. С. 8 - 14.
9. Харкевич А.А. О ценности информации / Проблемы кибернетики. М.: Физматгиз, 1960. вып. 4. С. 53 – 57.