

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ И ТЕХНОЛОГИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Ю.В. Чигарев, докт. физ.-мат. наук, профессор (БГАТУ, Западнопоморский технологический университет, Республика Польша); И.С. Крук, канд. техн. наук, доцент, Ф.И. Назаров, аспирант (БГАТУ)

Аннотация

В статье рассматриваются аналитические модели эффективности выбранных технологий и технологических операций в зависимости от вложенных затрат и с учетом производственных потерь.

The article examines effectiveness of analytical models, chosen technologies and technological operations depending on investment costs and taking into account production losses.

Введение

Понятие «технология» является совокупным и включает в себя несколько характеристик: умение, мастерство, опыт, которые реализуются в целенаправленном действии для подготовки и получения материалов, сырья, изделий, урожая и др. Каждая технология имеет специфические стороны, присущие только ей. Любое производство, как правило, использует несколько технологий. Реализация технологий осуществляется техникой. В сельском хозяйстве в роли техники выступают машины, орудия, энергетические средства и другое оборудование. Часто в технологиях задействованы комплексы машин, на основе которых строится система машин, формируемая с учетом конкретной цели под определенную технологию. Совершенствование современных технологий связано с полной заменой ручного труда машинным. Промышленные технологии базируются на природных и искусственно созданных ресурсах. Технологии в сфере сельского хозяйства распределены в самой природной среде [1, 2].

В настоящее время известны два основных направления в развитии прогрессивных технологий. Первое связано с организацией рабочей среды (обработка полей, строительство дорог и др.) и второе – с построением адаптивного управления техническими средствами – тракторами, машинами, орудиями и др. Выбор того или иного направления связан с экономическими и экологическими вопросами о выгодном вложении денежных средств. Интенсификация производства по выращиванию сельскохозяйственной продукции направлена на увеличение урожая при снижении затрат на единицу получаемой продукции. В основе эффективности создания новой технологии или изменения существующей лежит модель прогноза целесообразности затрат.

Основная часть

Математическая модель прогноза эффективности E ($0 \leq E \leq 1$) в зависимости от затрат p выражается в виде функции:

$$E = f(p). \quad (1)$$

Явный вид функции (1) зависит от конкретно решаемой задачи.

Связь между E и p можно представить в виде дифференциального соотношения. Ниже представлена простейшая зависимость эффективности от затрат

$$dE = df(p), \quad (2)$$

$$\text{где } f(p) = (\lambda T)^{-1} p;$$

T – срок окупаемости затрат;

λ – положительный параметр (руб./ед. времени), который выбирается с учетом технологии.

Решение зависимости (2) при $T = const$, $\lambda = const$ имеет вид

$$E = \frac{1}{\lambda T} p. \quad (3)$$

Из данной формулы при заранее прогнозируемой эффективности предполагаемых затрат и времени окупаемости найдем параметр λ

$$\lambda = \frac{p}{ET}. \quad (4)$$

Любая технология в той или иной степени связана с производственными потерями. В сельскохозяйственном производстве потери урожая могут быть вызваны также климатическими условиями. Можно положить зависимость между производственными потерями a и удельными затратами λ в виде ($0 \leq a \leq 1$), $a = \phi(\lambda)$.

В самом простом случае эту связь можно представить линейно:

$$\lambda = \lambda_{\min} + ba, \quad (6)$$

где b – коэффициент размерности руб./ед. времени. Тогда зависимость (3) запишем в виде

$$E = \frac{1}{(\lambda_{\min} + ba)T} P. \quad (7)$$

Очевидно, что при $a \rightarrow 0$ эффективность E должна быть максимальной $E = E_{\max}$, а затраты минимальны.

Фактический урожай сельскохозяйственных культур можно определять соотношением

$$Y_f = Y_b - Y_c, \quad (8)$$

где Y_b – биологический урожай, который соответствует оптимальной плотности почвы ρ_b ;

Y_c – потери урожая (производственные потери) по причине плохого агрофизического состояния почвы, связанного с ее переуплотнением в следе, или другими причинами.

Тогда коэффициент производственных потерь будет $a = \frac{Y_c}{Y_b}$, а коэффициент сохранения плодородия запишем в виде

$$\omega = 1 - \frac{Y_c}{Y_b} = 1 - a, \quad (0 \leq \omega \leq 1). \quad (9)$$

Тогда

$$E = \frac{P}{[\lambda_{\min} + b(1 - \omega)]T}. \quad (10)$$

На рис. 1 приведена зависимость изменения эффективности технологии от роста коэффициента сохранения плодородия почв.

Согласно работе [3], отношение Y_c / Y_b можно записать через разность изменения плотностей почвы:

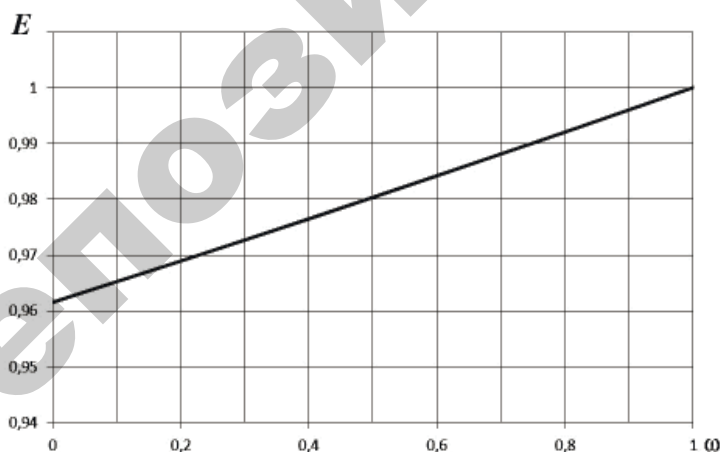


Рисунок 1. Зависимость эффективности E рассматриваемой технологии от коэффициента сохранения плодородия почв ω

оптимальной ρ_b и фактической ρ_l

$$\frac{Y_c}{Y_b} = 1 - C(\rho_l - \rho_b)^2, \quad (11)$$

где C – коэффициент размерности ($\text{см}^3/\text{г}$).

Следовательно, эффективность технологии обработки почвы в зависимости от изменения ее уплотнения будет

$$E = \frac{P}{[\lambda_{\min} + b(1 - C(\rho_l - \rho_b)^2)]T}. \quad (12)$$

На рис. 2 показано изменение эффективности технологии от увеличения плотности почвы.

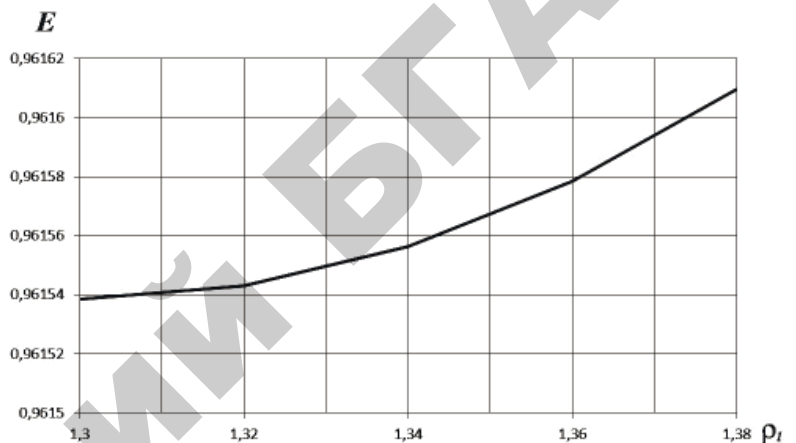


Рисунок 2. Зависимость показателя эффективности технологии E от изменения плотности почвы ρ_l

Эффективность технологии оценивается сбором фактического урожая, т.е. если две технологии дают один и тот же результат по сбору урожая при одних и тех же затратах, то их эффективность одинакова. Эффективность технологического процесса отвальной обработки почвы без глубокого рыхления в зависимости от вложенных финансовых затрат можно описывать линейным законом [4]

$$E_{ng} = E_0 + mp, \quad (13)$$

где m – коэффициент пропорциональности, определяемый эмпирическим путем;

E_0 – агрономическая эффективность опытного поля при нуле затрат.

Графическая иллюстрация данного закона при $E_0 = 0$ будет прямая 1 (рис. 3).

Эффективность отвальной обработки почвы с применением глубокого рыхления в зависимости от затрат будем описывать функцией

$$E_g(p) = E_0 + h\sqrt{p}, \quad (14)$$

где h – параметр, определяемый опытным путем.

Выбор данной функции учитывает, что

агрофизические свойства почвы с технологией глубокого рыхления будут лучше способствовать развитию растений в вегетационный период, чем в технологии без глубокого рыхления. График данной функции при $E_0 = 0$ будет кривая 2 (рис. 3).

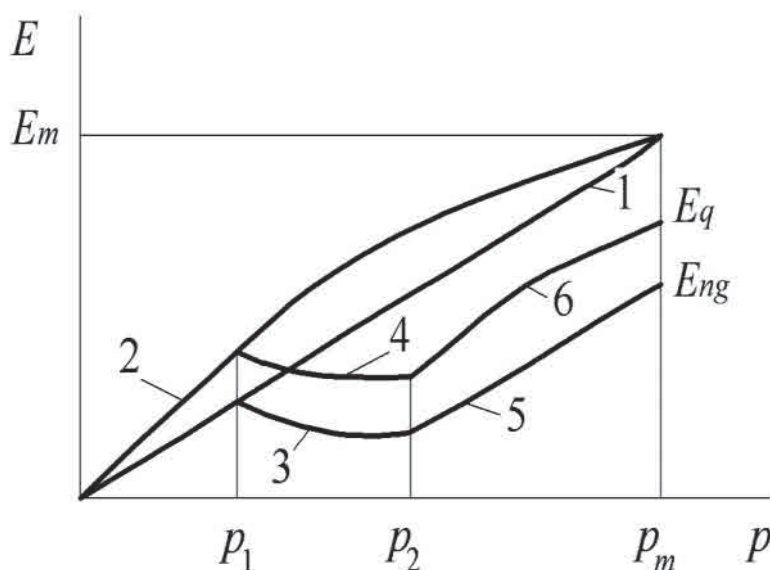


Рисунок 3. Зависимость эффективности E от вложенных средств с учетом производственных потерь

Эффективность технологии от затрат определяется значениями $0 \leq E \leq 1$. Если итог (фактический урожай) каждой технологии при одних и тех же затратах соответствует одному и тому же значению эффективности, например E_M , то из рисунка 3 видно, что эффективность от поэтапных одинаково вкладываемых средств в каждую технологию будет выше для технологии E_g , так как при глубоком рыхлении, в лучшую сторону изменяются агрофизические свойства почвы. В сельскохозяйственных технологиях в период вегетации растений всегда надо учитывать непредвиденные расходы, связанные с производственными потерями, вызванные либо изменением климатических условий, либо стихийными бедствиями, либо другими причинами. Эти потери можно описывать функцией неупорядоченности производства. Можно предположить, что производственные потери будут описываться функцией

$$a = \frac{q}{p} \quad (15)$$

Если производственные потери связаны с урожаем, то согласно выражению (9), можно найти

$$q = p \left(1 - \frac{Y_l}{Y_b}\right) \quad (16)$$

Предположим, что производственные потери возникают при уже вложенных средствах p_1 . Даль-

нейшее их вложение до p_2 связано с устранением производственных потерь, а, следовательно, снижением эффективности данных технологий – кривые 3 и 4 (рис. 3). После устранения производственных потерь будет наблюдаться рост эффективности каждой

технологии по тем же законам (13) и (14), что и в начале процесса – линии 5 и 6 (рис. 3). Из рисунка видно, что в этом случае конечная эффективность каждой технологии будет различна при одних и тех же вложенных средствах. Рассмотренная модель эффективности технологий является сильно упрощенной, однако данный подход удобен в разработке новой сельскохозяйственной технологии или совершенствовании существующей, а также в рациональном выборе одной из технологий. Модель носит общий характер и требует наполнения и уточнения параметров, связанных с конкретной технологией. Однако сам процесс зависимости эффективности от вложенных средств отличает данную модель от аналогичных [1, 2], так как реально учитывает эффективность технологии в случае производственных потерь.

Заключение

Предложен подход, представляющий общий случай построения имитационной модели прогноза эффективности технологии или технологической операции в растениеводстве.

Получены математические модели, описывающие эффективность технологий и процессов в растениеводстве, учитывающие не только вложенные затраты, но и производственные потери, состояние и плодородие почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Игнатъев, М.Б. Моделирование системы машин / М.Б. Игнатъев, Б.З. Ильевский, Л.П. Клауз. – Ленинград: Машиностроение, 1986. – С. 304.
2. Шаров, Н.М. Эксплуатационные свойства машинно-тракторных агрегатов / Н.М. Шаров. – М.: Колос, 1981. – С. 243.
3. Русанов, В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути решения / В.А. Русанов. – М.: ВИМ, 1998. – С. 367.
4. Chigarev, Yu. Model prognozowania efektywności rolniczych technologii. XII Międz. Konf. Naukowa „Problemy intensyfikacji produkcji zwierzęcej z uwzględnieniem ochrony środowiska i standardów UE. IBMER. – Warszawa, 2006. – S. 297-301..