

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ СУХОЙ ОЧИСТКИ КАРТОФЕЛЯ

Полегенький В.В., канд. физ.-мат. наук, доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

Аннотация

Построены математические модели, которые основаны на эмпирических зависимостях и в рамках которых исследованы оптимальные значения входных конструкторско-технологических параметров машины для сухой очистки картофеля.

Введение

В настоящее время процесс очистки картофеля становится важным звеном в технологической цепи его переработки и реализации. В НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства начато производство машины по сухой очистке картофеля МСОК-5. Целью настоящих исследований являлось построение математических моделей, в рамках которых определялись оптимальные значения входных конструктивно-технологического параметров указанной машины по отношению к значениям выходных характеристик с целью улучшения показателей ее работы.

Основная часть

Определение оптимальных значений входных и выходных параметров на основе эмпирических зависимостей между ними. Ранее [1] на основе экспериментальных исследований были установлены эмпирические зависимости между конструктивно-технологическими входными параметрами (угол наклона машины (α , рад), статическая нагрузка на клубни (P , Н), частота вращения профилированных вальцов (ω , с⁻¹) и длина рабочей поверхности (L , м)) и ее важнейшими выходными параметрами, характеризующими работу машины в целом: производительность машины (W ,

τ (ч), ее удельная энергоёмкость ($n_{y\delta}$, Вт·ч/т), качество очистки (δ , %) и степень повреждаемости клубней (ε , %):

$$\begin{aligned} W &= 4,509\alpha^{-0,0202} P^{0,0037} \omega^{0,1298} L^{-0,0586}; \\ n_{y\delta} &= 82,86\alpha^{0,0992} P^{0,3065} \omega^{0,1906} L^{0,1365}; \\ \delta &= 79,726 \cdot \alpha^{0,0191} \cdot P^{0,0549} \cdot \omega^{0,033} \cdot L^{0,0629}; \\ \varepsilon &= 0,3464 \cdot \alpha^{0,0763} \cdot P^{0,4974} \cdot \omega^{0,1885} \cdot L^{0,2525} \end{aligned} \quad (1)$$

при ограничениях, обусловленных условиями проведения эксперимента:

$$\alpha \in [0,02; 0,11], P \in [20; 26], n \in [1,3; 3,4], L \in [1,35; 2,25] \quad (2)$$

В рамках модели (1), (2) задача поиска оптимальных значений входных параметров сводится к поиску наибольших значений W, δ и наименьших значений $n_{y\delta}, \varepsilon$ при ограничениях (2). При этом очевидно, что стационарные точки не принадлежат области ограничений (2), и следует ожидать, что наибольшие (наименьшие) значения выходных параметров будут получены при граничных значениях входных параметров. Отметим, что логарифмированием (1), (2) эта задача сводится к ЗЛП, решение которой дает те же результаты, что и непосредственное нахождение наибольших или наименьших значений величин (1) методами "Поиск решения...", которые имеются в арсенале электронных таблиц MS Excel и которые использовались нами в дальнейшем. Непосредственные расчеты показали, что

$$\begin{aligned} W_{\max} &= 5,69 \text{ при } \alpha = 0,02; P = 26; \omega = 3,4; L = 1,35; \\ n_{y\delta\min} &= 154 \text{ при } \alpha = 0,02; P = 20; \omega = 1,3; L = 1,35; \\ \delta_{\max} &= 100,1 \text{ при } \alpha = 0,11; P = 26; \omega = 3,4; L = 2,25; \\ \varepsilon_{\min} &= 1,29 \text{ при } \alpha = 0,02; P = 20; \omega = 1,3; L = 1,35 \end{aligned} \quad (3)$$

Как и ожидалось, максимальные значения выходных параметров достигаются при правых граничных значениях аргументов, а минимальные – при левых, за исключением производительности, максимум которой достигается при минимальных значениях угла α и

длины L , так как показатели степеней этих переменных отрицательны, также как и соответствующие частные эластичности этих функций, представляющих собой частный случай производственных функций типа Кобба-Дугласа.

Помимо ограничений (2) вполне естественными будут ограничения на значения величин δ и ε в соответствии с требованиями стандарта:

$$\delta \in [98; 100], \varepsilon \in [0; 2] \quad (4)$$

учет которых наряду с (2) дал следующие результаты:

$$W_{\max} = 5,4 \text{ при } \alpha = 0,058; P = 21,9; \omega = 3,4; L = 2,25$$

$$n_{y\delta \min} = 224,9 \text{ при } \alpha = 0,11; P = 24,6; \omega = 1,93; L = 2,25$$

$$\delta_{\max} = 98,6 \text{ при } \alpha = 0,11; P = 20; \omega = 3,33; L = 2,25$$

$$\varepsilon_{\min} = 1,93 \text{ при } \alpha = 0,11; P = 20; \omega = 2,72; L = 2,25$$

Полученные значения уже не столь ожидаемые как результаты (3). Отметим также, что наилучшие значения всех выходных параметров получается при максимальной длине рабочей поверхности L , а

значения $W, n_{y\delta}$ существенно зависят от параметров α, P, ω , что согласуется с результатами предыдущих исследований [2]. Аналогичные результаты были получены и при предельных стандартных ограничениях: $\delta = 98; \varepsilon = 2$.

Исследование интегральных зависимостей между входными и выходными параметрами.

Помимо рассмотренной выше математической модели была исследована модель, в которой рассматривалась функция $F(\alpha, P, \omega, L)$, определенная как

$$F(\alpha, P, \omega, L) = \frac{W \cdot \delta}{n_{y\delta} \cdot \varepsilon} \quad (6)$$

Эту функцию можно рассматривать как отношение производительности к удельной энергоемкости при заданных значениях качества очистки и степени повреждаемости клубней ($\delta \in [98; 100]; \varepsilon \in (0; 2]$), а также как некоторую интегральную ха-

рактеристику, связывающую все выходные параметры машины. Очевидно, что при увеличении производительности, качества очистки и/или уменьшении энергоемкости, повреждаемости клубней функция $F(\alpha, P, \omega, L)$ монотонно возрастает. С учетом (1) из (6) получаем явную зависимость $F(\alpha, P, \omega, L)$ от входящих параметров:

$$F(\alpha, P, \omega, L) = 12,524 \cdot \alpha^{-0,1766} \cdot P^{-0,7453} \cdot \omega^{-0,2163} \cdot L^{-0,3847} \quad (7)$$

Отсюда следует, что функция $F(\alpha, P, \omega, L)$ убывает при увеличении любого из входных параметров и значительно более чувствительна к их изменению, чем каждая выходная характеристика по отдельности. Поэтому наибольшее значение функция $F(\alpha, P, \omega, L)$ в задаче (7) и (2) (при $\omega \in [2; 25]$) достигается при наименьших значениях входных параметров. Расчеты с ограничениями (2) и (4) показали следующее:

1) в случае только первого ограничения (4)

$$F_{\max} = 1,24 \text{ при } \alpha = 0,02; P = 20; \omega = 7,3; L = 2,25 ;$$

2) в случае только второго ограничения (4)

$$F_{\max} = 2,06 \text{ при } \alpha = 0,02; P = 20; \omega = 2; L = 1,35 ;$$

3) в случае обоих ограничений (4)

$$F_{\max} = 1,26 \text{ при } \alpha = 0,034; P = 20; \omega = 5,3; L = 2,25$$

Анализ полученных результатов показывает следующее. Во-первых, условия (2), (4) значительно изменяют оптимальные значения входных параметров по сравнению со значениями, полученными только с ограничениями (2). При этом, как показывают расчеты для второго и третьего случая, ограничение по δ более сильное условие по сравнению с ограничениями по ε , так как учет только последнего практически не меняют данные, полученные только при ограничениях (2). В практическом плане эти результаты показывают, что наиболее влиятельным фактором является статическое давление P , которое по своему воздействию значительно превосходит следующие за ним по "ранжиру" факторы L, ω, α , что соот-

ветствует значениям частных эластичностей функции $F(\alpha, P, \omega, L)$:

$$E_{\alpha}(F) = -0,1766; E_P(F) = -0,7453;$$

$$E_{\omega}(F) = -0,2163; E_L(F) = -0,3847.$$

Отметим также, что наилучшие значения выходных параметров МСОК-5 в целом следует ожидать при наибольших используемых значений длины рабочего стола. Полученные результаты в рамках данной модели в целом согласуются с выводами, сделанными в рамках предыдущей модели.

Если использовать условия (5), то вместо функции $F(\alpha, P, \omega, L)$ получим функцию:

$$F_1(\alpha, P, \omega, L) = \frac{49W}{n_{yd}} \quad (8)$$

которая согласно (1) через входные параметры явно выражается в виде:

$$F_1(\alpha, P, \omega, L) = 2,666 \cdot \alpha^{-0,1194} \cdot P^{-0,3028} \cdot \omega^{-0,0608} \cdot L^{-0,1951}$$

Эта функция как и функция $F(\alpha, P, \omega, L)$ также монотонно убывает с ростом значений входных параметров и ее наибольшее значение при ограничениях (2) и (5) равно

$$F_{1\max} = 1,17 \text{ при } \alpha = 0,057; P = 21,9; \omega = 3,4; L = 2,25$$

Заключение

Исследования значений выходных характеристик МСОК-5 от значений входных параметров, проведенные в рамках различных моделей, показали, что наилучшие значения всех выходных параметров достигаются при наименьших значениях статической нагрузки P , при этом этот фактор является наиболее значимым. Практически все расчеты показывают, что оптимальные значения выходных параметров получаются и при максимальных значениях длины L . Для достижения требуемых результатов не следует задавать большие углы наклона α и малые значения угловой скорости ω .

Литература

1. Полегенький, В.В. Оптимизация конструктивно-технологических параметров машины для сухой очистки картофеля /В.В. Полегенький, А.С.Воробей// Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-25: сб. трудов XXV Междунар. науч. конф.: в 10 т. Т.8. Секция 12 / под. общ. ред. А.А.Большакова. – Волгоград: Волгогр. гос. техн. ун-т, 2012. – С. 123-124.

2. Полегенький, В.В. Влияние конструктивно-технологических параметров машины для сухой очистки картофеля на ее производительность /В.В. Полегенький, А.С.Воробей // Перспективные технологии и технические средства в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научно-практической конференции (Минск, 11-12 апреля 2013). – Часть 1. – Мн.: БГАТУ, 2013. – С. 119-121

Summary

Mathematical models that are based on empirical dependencies and in the framework of which the investigated the optimum values of the input design and technological parameters of machine for dry cleaning potatoes.

УДК 004.4

ДЕА-АНАЛИЗ УЧАСТНИКОВ БИЗНЕС-КЛАСТЕРА

Новиков В.А., канд. техн. наук, доцент

УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

В этой статье мы предлагаем метод ДЕА-анализа, который улучшает стандартный метод. Преимуществами нового метода являются его простота и значительно более точная оценка эффективности. Высокой точности также способствует обдуманый выбор весовых коэффициентов входов и выходов.

В связи с ужесточением конкуренции на товарном рынке в настоящее время особенно актуальна количественная оценка дея-