

УДК 631.51
EDN SLAEIC

Маслов Г. Г., Трубилин Е. И., Цыбулевский В. В., Василенко Н. Б.

**ФУНКЦИЯ ХАРРИНГТОНА В ИССЛЕДОВАНИЯХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»

Реферат. Подтверждена возможность использования функции желательности Харрингтона в научных исследованиях по обоснованию лучшей машины из альтернативных вариантов при механизации производственных процессов в растениеводстве. Оптимальный вариант определяется максимальным значением обобщенного D_i -показателя при анализе сравниваемых машин. Обобщенный показатель D_i рассчитан по функции Харрингтона с использованием четырех частных оценочных показателей сравниваемых машин. Исследования проводили в 2021–2022 гг. В работе сравнивали четыре марки катков по четырем показателям оценки. Получены достоверные зависимости, подтвержденные критерием Кохрена, перевода натуральных значений частных показателей в безразмерные для построения шкалы и функции желательности по каждому показателю. Получены безразмерные значения частных оценочных показателей, используемых для расчета обобщенного D_i -показателя, как среднее геометрическое значение четырех безразмерных показателей. Для принятия решения по выбору эффективного катка изучены графический и аналитический подходы. По максимальному значению D_i -показателя комплексной оценки обоснована лучшая конструкция вибрационного прикатывающего катка со значением $D_i = 0,713$. Практическое значение предлагаемого подхода состоит в его удобном применении для сельскохозяйственных предприятий при их комплектовании наиболее эффективной сельхозтехникой из сравниваемых вариантов, что позволит повысить конкурентоспособность сельхозпроизводителей. Субъективность подходов к техническому оснащению сельхозпредприятий, основанных только на практическом опыте работы, не может дать высокой отдачи от используемых машин.

Ключевые слова: техника, технология, шкала, график, функция, оптимум, параметры, показатель, комплексная оценка.

Для цитирования: Маслов Г. Г., Трубилин Е. И., Цыбулевский В. В., Василенко Н. Б. Функция Харрингтона в исследованиях сельскохозяйственной техники // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 3(31). С. 116–124. EDN: SLAEIC.

For citation: Maslov G. G., Trubilin E. I., Tsybulevsky V. V., Vasilenko N. B. The Harrington's function in the agricultural machinery research // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2022. No. 3(31). P. 116–124. EDN: SLAEIC.

Введение

От качества техники, используемой в сельском хозяйстве, зависит количество и конкурентоспособность получаемой продукции. От применяемых машин и технологий требуется дальнейшее повышение производительности труда, качество работы и снижение затрат. В настоящее время в ускорении научно-технического прогресса важнейшую роль играют новые инновационные подходы к механизации производственных процессов, создание машин с лучшими технико-экономическими показателями. Но для правильного научно обоснованного принятия решений по выбору средств механизации необходимы объективные и достоверные методы исследований. Например, в механизации растениеводства хорошие результаты

показали зарубежные машины. Они обеспечивают своевременное и качественное выполнение полевых работ. Однако рост производительности новой техники не всегда сопровождается адекватным снижением затрат на производство продукции. Иногда не учитывается негативное влияние новой техники, особенно тяжелых дорогостоящих машин на строгое выполнение требований систем земледелия [1], сохранение плодородия почвы, снижение травмирования убираемого урожая. Все это надо учитывать при окончательном решении по выбору той или иной машины или технологии. При исследовании сельскохозяйственной техники должна проводиться комплексная оценка машины и технологий, и только по этому показателю должно отдаваться предпочтение лучшему варианту [2].

Цель исследований – на примере разработанного прицепного катка показать возможность применения функции желательности Харрингтона для объективного принятия решения. Выбираемая машина по комплексному (обобщенному) показателю должна иметь преимущество по агрономической, технической и экономической оценке.

Значимость для науки представляет совершенствование функции Харрингтона для производства – объективный метод выбора лучшего варианта машин для сельхозпредприятий. Известные методы [5, 6] для этой цели трудоемкие и недостаточно информативные для принятия решения.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в 2021–2022 гг.

Для принятия решения в выборе лучшей техники применяют метод комплексной оценки по обобщенному показателю D_i , учитывающему влияние многих частных оценочных показателей со своими единицами измерений.

Модернизация функции Харрингтона для исследования сельскохозяйственной техники начинается с упразднения отрицательного участка шкалы y' (рисунок 1, б), и теперь нулевое ее значение начинается числом 0,3 шкалы желательности d_j . Также, как и в функции Харрингтона, шкала y' заканчивается числом 4 без единиц измерения. Кривая желательности d_j для любой изучаемой i -ой машины начинается с точки 0,3 функции и заканчивается значением, приближающимся к единице. Таким образом, благодаря модернизации все рассчитываемые значения оценочных показателей i -ой машины при переводе их на j -ю шкалу y' будут иметь только положительные значения. Поэтому функция желательности d_{ij} и обобщенный критерий D_i будут также только положительными. При решении наших задач с использованием функции Харрингтона с ее осями координат (рисунок 1, а) могут иметь место отрицательное значение функции d_{ij} и критерия D_i , что не позволит применять их для сравнительного анализа.

Ранее выполненные нами исследования сельскохозяйственной техники с применением функции Харрингтона показали интересные результаты по выбору лучшего варианта из группы сравниваемых машин одного и того же назначения: отвальные плуги, культиваторы, катки, бороны, сеялки, свекло- и зерноуборочные комбайны и др. При этом важно правильно установить частные i -ые оценочных показателей с единицами измерений. Эти показатели должны главным образом определять достоинства сравниваемых машин, определяющих конечный результат. Так, например, при оценке отвальных плугов для вспашки главными, на наш взгляд, частными оценочными показателями могут быть: металлоемкость, качество крошения, выровненность профиля, энергоемкость, эксплуатационные затраты, затраты труда. При оценке зерновых сеялок в числе оценочных показателей могут быть: равномерность глубины заделки семян (что во многом определяет будущий урожай высеваемой культуры), оптимальная плотность посевного слоя (до 1,3 г/см³),

наличие прослойки почвы между семенами и удобрениями, а также металлоемкость, энергоемкость процесса, эксплуатационные затраты и затраты труда. Для зерноуборочных комбайнов очень важны потери зерна, минимальное травмирование, эксплуатационные затраты, металло- и энергоемкость. При оценке свеклоуборочных комбайнов также важны потери урожая, эксплуатационные затраты, металло- и энергоемкость, травмирование корней при уборке. Использование перечисленных частных j -ых оценочных показателей позволит объективно подойти к расчету обобщенного критерия D и в целом к принятию решения [2].

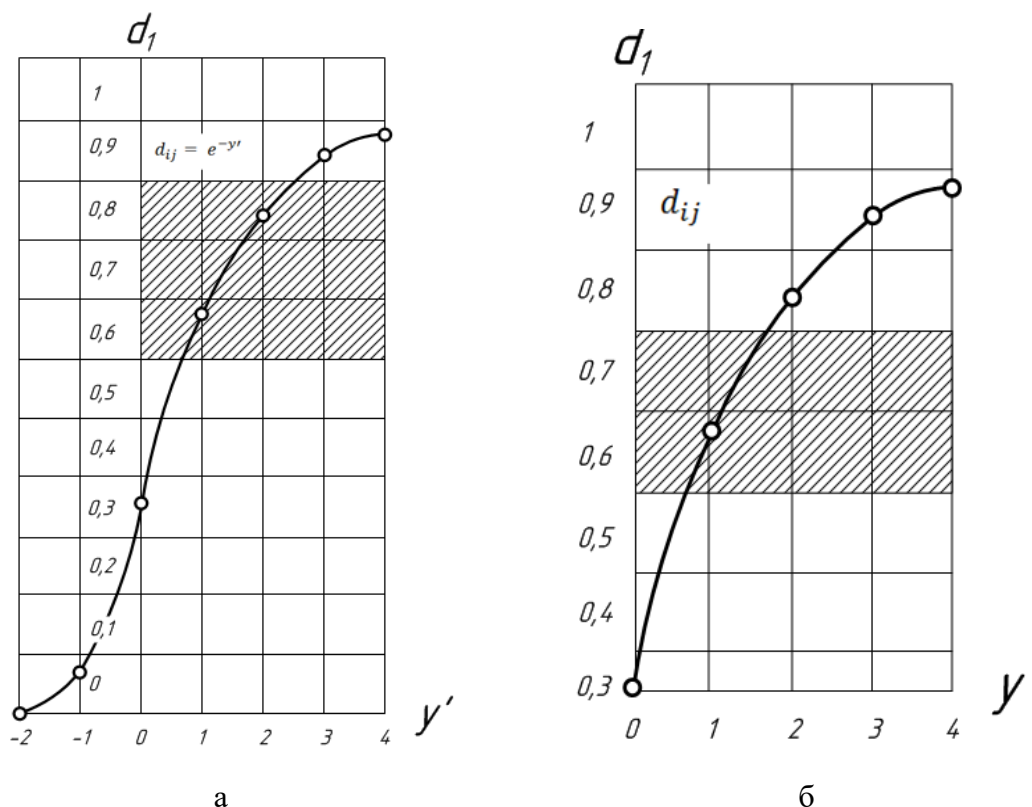


Рисунок 1 – График функции Харрингтона

Примечание. а) – с положительной и отрицательной шкалой y' ; б) – с положительной шкалой y' .

Точками A и B на рисунке 2 показан пример построения шкал частных оценочных показателей X_1 и X_2 с заданными единицами измерения, начало координат осей y' и d (желательность показателей оценки), точка A – пересечения кривой желательности d с минимальными значениями частных оценочных показателей (X_{min}^n – минимального значения первого оценочного показателя X_1 на прямой Π шкалы и X_{max}^n – максимального). Точка B – пересечение кривой желательности d с минимальным значением второго оценочного показателя X_2 на обратной O шкале X_{min}^n , а точка A – максимального X_{max}^n . Точка C характеризует промежуточные значения оценочных показателей X_C на прямой (X_C^n) и обратной шкалах (X_C^0). Проекция точек A , C^n , B (см. рисунок 2) на шкалу d определяет величину желательности частных оценочных показателей соответственно точки X_{min}^n , X_C^n , X_{max}^n .

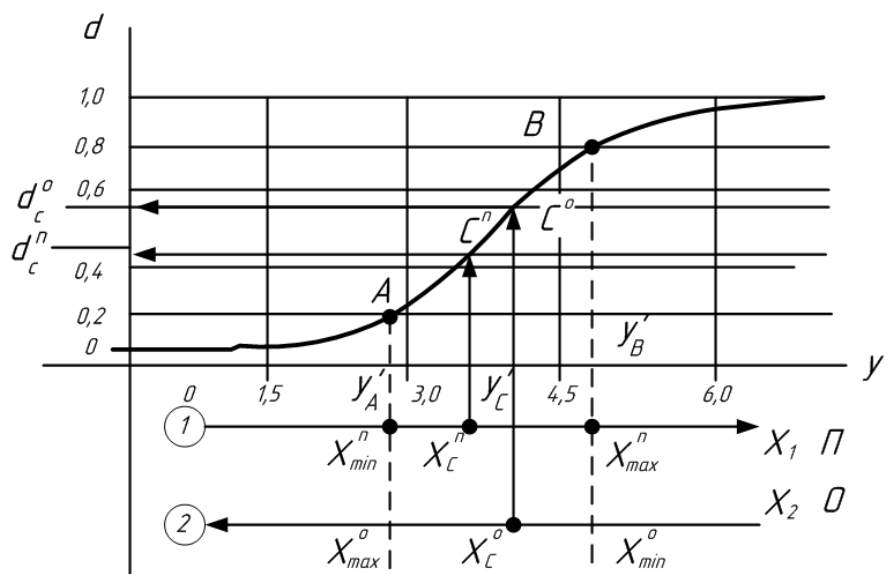


Рисунок 2 – Пример построения шкал оценочных показателей X_1 и X_2

Полученные таким образом графическим или аналитическим путем значения желательности d_j частных оценочных показателей используют при расчете обобщенного как среднее геометрическое. Максимальная его величина, стремящаяся к единице, определяет лучший вариант.

Аналитический метод перевода числового значения любого параметра любой размерности в безразмерную величину желательности позволяет решить задачу без построения графика функции.

Нами разработаны также зависимости для перевода измеренных значений оценочных показателей в кодовые для шкалы y' (см. рисунок 1).

Желательности j -показателя оценки по i -варианту, где n – количество показателей j мы рассчитали по специально разработанной компьютерной программе к ЭВМ. При этом использовали фактические значения оценочных показателей, полученных при испытаниях каждой машины [8].

Для оценки машин приняты четыре части оценочных показателей: коэффициент вариации плотности почвы V , удельная масса катка M , энергоёмкость процесса \mathcal{E} и эксплуатационные затраты I . Первый показатель U определяется по фактическим замерам плотности почвы при эксперименте и расчете его численного значения по формуле:

$$V = \frac{\sigma}{m}, \quad (1)$$

где V – коэффициент вариации плотности почвы, %

σ – среднее арифметическое значение измерения показателей плотности, г/см^3 ,

m – среднее арифметическое значение этих показателей, г/см^3 .

Удельная масса катка M определяется в расчете на 1м его ширины захвата:

$$M = \frac{Q}{l}, \quad (2)$$

где Q – масса катка, кг,

l – ширина захвата катка, м.

Энергоёмкость \mathcal{E} процесса рассчитывается по известной формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{N}{W}, \quad (3)$$

где N – эффективная мощность двигателя трактора, эксплуатирующего машину, кВт,

W – производительность агрегата на заданной работе за 1 час основного времени, га/ч.

Величину эксплуатационных затрат U на выполнение заданного процесса находим также по известной формуле [3]:

$$U = Z + P_a + P_{\text{рем}} + H, \quad (4)$$

где N – эксплуатационные затраты на выполнения процесса, руб./га,

Z – оплата труда с отчислениями, руб./га,

P_a – амортизационные отчисления, руб./га,

$P_{\text{рем}}$ – затраты на ремонт и техобслуживание техники с учетом годовых отчислений, %,

H – общепроизводственные и общехозяйственные расходы, принимаем 4 % от зарплаты.

Обобщенный показатель комплексной оценки D_i на примере любой машины рассчитывается как среднегеометрическое по всем четырем показателям желательности d_i каждого из четырех частных оценочных показателей:

$$D_i = \sqrt[4]{\prod_1^n d_i}, \quad (5)$$

где D_i – обобщенный показатель комплексной оценки машины,

d_i – показатель функции желательности каждого частного i -го показателя в долях от единицы,

n – число частных оценочных показателей,

R_i – коэффициент весомости частного оценочного показателей.

Предпочтение из альтернативных машин отдается тем, которые получили наибольшее значение обобщенного показателя оценки D_i .

Рассмотрим на примере КВГ-1,4 расчет D_i по формуле [5]

$$D_3 = \sqrt[4]{0,504 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 0,713$$

Для другой машины, например, ККЗ-10, вариант 2, $D_2=0,228$, что значительно ниже третьего D_3 варианта, которому отдается предпочтение.

Результаты и их обсуждение

Применение функции желательности Харрингтона позволило выбрать наиболее эффективный каток из сравниваемых. Это прицепной каток КВГ-1,4. Его преимущества в полученных значениях оценочных показателей (таблица), качество работы по коэффициенту равномерности плотности прикатанной почвы, больше чем у ЭК.

Экспериментальный каток (ЭК) отличается от всех других, приведенных в таблице, своим конструктивным исполнением, которое очень заметно повлияло на качество прикатывания. Коэффициент вариации плотности почвы самый минимальный получен по этому катку (всего 10,3 %). Такой равномерной плотности не получено ни по одному катку другой марки. Значит, ЭК более эффективен по влиянию на урожайность сельскохозяйственных культур. Такое качество уплотнения почвы обеспечивает пружинная подвеска цилиндра прикатывающего корпуса катка. Масса цилиндра катка передает свою энергию через два крестовинообразных блока пружин, создавая равномерное давление на почву. Если при этом прикатываются посевы, то равномерная плотность почвы обеспечивает дружные всходы, развитие и созревание растений [1], создавая предпосылки высокого урожая. ЭК по сравнению с тяжелыми катками ЗКШ-6А и ККЗ-10 имеет преимущество по всем частным оценочным показателям. Однако у последнего при более высоком обобщенном

показателе (0,713) затруднена настройка катка на необходимую величину удельного давления, создаваемую давлением воды в цилиндре катка. Этот недостаток нивелирует небольшое превышение обобщенного показателя (всего 0,114).

Таблица – Частные и обобщенные показатели комплексной оценки сравниваемых катков

Марка катка	Частные <i>j</i> -оценочные показатели								Обобщенный показатель D_i
	Коэффициент вариации плотности почвы, $V, \%$	d_1	Удельная масса катка, $q, \text{кН/м}$	d_2	Энергоемкость, $E, \text{МДж/га}$	d_3	Эксплуатационные затраты, $U, \text{р/га}$	d_4	
ЗККШ-6А	45	0,2	3,2	0,655	20	0,733	136	0,302	0,413
ККЗ-10	38	0,339	5,5	0,2	30	0,2	145	0,2	0,228
КВГ-1,4	30	0,504	2,1	0,8	18	0,8	85	0,8	0,713
Экспериментальный (ЭК)	10,3	0,8	2,9	0,701	20	0,733	135	0,314	0,599

Первый частный оценочный показатель по коэффициенту вариации плотности почвы после прикатывания варьирует в интервале 10,3 – 45 % (таблица). Это очень весомый показатель оценки машины, так как качество прикатывания почвы определяет величину урожая возделываемой сельскохозяйственной культуры [1, 9]. На данный момент серийные катки не выполняют агротребования по заданной равномерности плотности прикатанной почвы, и ее неравномерность доходит до 45 % [9]. Второй показатель по удельной металлоемкости катка (кН/м) также определяет качество прикатывания. Его величина была меньше, но при хорошем качестве прикатывания. Пока экспериментальный каток (ЭК) [8] по этому показателю уступает водоналивному КВГ – 1,4 (таблица). То же самое имеет место и по энергоемкости процесса прикатывания, и по эксплуатационным затратам. Все это повлияло на обобщенный показатель оценки ЭК, хотя его величина примерно одинакова с водоналивным катком ЗКВТ – 1,4 (см. таблицу).

Показатель комплексной оценки D_i (см. таблицу) самый низкий у двух последних марок катков, хуже у ЗККШ-6А (0,413) и особенно у ККЗ-10 (всего 0,228). У последнего три частных оценочных показателя из четырех – самые нежелательные из всех изучаемых катков, что и определило результаты анализа. По экспериментальному катку желательно снизить удельную металлоемкость конструкции, что обеспечит его бесспорную эффективность.

На рисунке 3 представлен график функций желательности и его применение для оценки сравниваемых катков и выбора лучшего варианта.

Пользуясь системой шкал А частных оценочных показателей, полученных в результате испытаний катков, и получив их граничные значения на графике в интервале желательности 0,2 – 0,8, получаем переходные отрезки В'С' – для прямых шкал оценочных показателей и ВС – для обратных. Этот, нами предложенный прием также относится к модернизации функции Харрингтона, так как не требует субъективной экспертной оценки для разработки шкал А. Теперь легко переходить от

показателей шкал А на безразмерную y' и от нее на функцию d , по которым рассчитывается обобщенный показатель D_i для каждой i -ой машины.

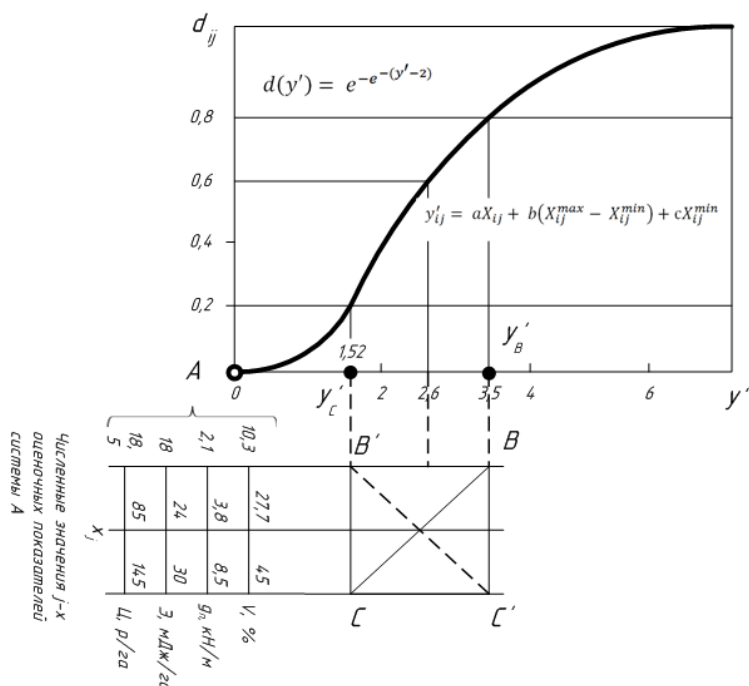


Рисунок 3 – Модернизированная функция желательности Харрингтона с прямой и обратной шкалой

Учитывая изложенное, применение функции Харрингтона в исследованиях сельскохозяйственной техники предполагает учет по возможности полного набора факторов факторов, влияющих на ее эффективность и ограничение их интервала. Затем одним из двух методов (графическим или аналитическим) рассчитывают желательности частных оценочных показателей по всем техническим средствам и обобщенный, максимальное значение которого, стремящееся к единице, определяет лучший вариант.

Выводы

Установлено эффективное применение функции Харрингтона для принятия объективного решения по выбору наиболее предпочтительных машин для механизации производственных процессов.

При выборе лучшего варианта из альтернативных машин по обобщенному D_i -показателю обоснована система из четырех частных оценочных показателей, получены достоверные зависимости для перевода значений из натуральных в безразмерные (шкала y'), рассчитаны желательности d_i каждого частного показателя и обобщенный – D_i . Наибольшее его значение, приближающееся к единице, определяет лучший вариант. В нашем примере – это прицепной вибрационный каток и водоналивной КВГ-1,4, значение обобщенного показателя D_i у которых 0,599–0,713, у других альтернативных катков значение D_i существенно ниже (0,228 и 0,413).

Литература

1. Коробко А. Н., Трубилин А. И., Нещадим Н. Н. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе. Краснодар: б/и, 2018. 352 с.

2. Tsybulevsky V.V., Maslov G.G., Tazmeev B.K. Feasibility study for choosing the best combine harvester design // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V International Workshop on Innovations in Agro and Food Technologies (WIAFT-V-2021). 2021. Vol. 848. No. (1). Art. No. 012166. DOI: 10.1088/1755-1315/848/1/012166.
3. Harrington E. The desirability function // Industrial Quality Control. 1965. Vol. 21. No. 10. P. 494–498.
4. Маслов Г. Г., Юдина Е. М. Концепция нового подхода к механизации возделывания полевых культур // Таврический Вестник аграрной науки. 2020. № 1(21). С. 39–47. DOI: [10.33952/2542-0720-2020-1-21-39-47](https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-1-21-39-47).
5. Tsybulevsky V. V., Maslov G. G. Decision theory for choosing the best machine from alternative options // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV International Scientific Conference: AGRITECH-IV-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. 2021. Vol. 677. No. (3). Art. No. 032097. DOI:10.1088/1755-1315/677/3/032097.
6. Konovalov V., Konovalov S., Igumnova V. Analytical study of the design parameters of the grinding unit of disk harrows // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019. 2019. Vol. 403. Art. No. 012086. DOI:10.1088/1755-1315/403/1/012086.
7. Serguntsov A., Malashikhin N. Harrowing of sowing with synchronous additional fertilizing // MATEC Web of Conferences. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2018. 2018. Vol. 224. Art. No. 05016. DOI: 10.1051/mateconf/201822405016.
8. Патент № 196568. Вибрационный каток // Авторы: Маслов Г. Г., Ушаков Д. А. Опубл. 05.03.2020. Бюл. № 7.
9. Патент № 2525160 С1. Широкозахватный почвообрабатывающий агрегат // Авторы: Геер В. А., Геер С. В. Опубл. 10.08.2014. Бюл. № 22.

References

1. Korobko A. N., Trubilin A. I., Neshchadim N. N. Farming system of the Krasnodar Territory on an agrolandscape basis. Krasnodar, w/o ed. 2018. 352 p.
2. Tsybulevsky V.V., Maslov G.G., Tazmeev B.K. Feasibility study for choosing the best combine harvester design // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. V International Workshop on Innovations in Agro and Food Technologies (WIAFT-V-2021). 2021. Vol. 848. No. (1). Art. No. 012166. DOI: 10.1088/1755-1315/848/1/012166.
3. Harrington E. The desirability function // Industrial Quality Control. 1965. Vol. 21. No. 10. P. 494–498.
4. Maslov G. G., Yudina E. M. The concept of a new approach to the mechanization of field crops cultivation // Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2020. No. 1(21). P. 39–47. DOI: 10.33952/2542-0720-2020-1-21-39-47.
5. Tsybulevsky V. V., Maslov G. G. Decision theory for choosing the best machine from alternative options // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IV International Scientific Conference: AGRITECH-IV-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. 2021. Vol. 677. No. (3). Art. No. 032097. DOI:10.1088/1755-1315/677/3/032097.
6. Konovalov V., Konovalov S., Igumnova V. Analytical study of the design parameters of the grinding unit of disk harrows // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry, INTERAGROMASH 2019. 2019. Vol. 403. Art. No. 012086. DOI:10.1088/1755-1315/403/1/012086.
7. Serguntsov A., Malashikhin N. Harrowing of sowing with synchronous additional fertilizing // MATEC Web of Conferences. International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2018. 2018. Vol. 224. Art. No. 05016. DOI: 10.1051/mateconf/201822405016.
8. Patent No. 196568. Vibratory roller // Authors: Maslov G. G., Ushakov D. A. Publ. 05.03.2020. Bull. No. 7.
9. Patent No. 2525160 C1. Wide-cut tillage unit // Authors: Geer V. A., Geer S. V. Publ. 10.08.2014. Bull. No. 22.

UDC 631.51

Maslov G. G., Trubilin E. I., Tsybulevsky V. V., Vasilenko N. B.

THE HARRINGTON'S FUNCTION IN THE AGRICULTURAL MACHINERY RESEARCH

Summary. The possibility of using Harrington's desirability function in scientific research to justify the best machine from alternative options for the mechanization of

production processes in crop production has been confirmed. The optimal variant is determined by the maximum value of the generalized D_i -indicator in the analysis of the compared machines. The generalized indicator D_i is calculated by the Harrington's function using four particular estimated indicators of the compared machines. The studies were carried out in 2021–2022. In the work, four brands of rollers were compared according to four evaluation indicators. Reliable dependencies (confirmed by the Cochran criterion) were obtained for the conversion of natural values of partial indicators into dimensionless ones to build a scale and a desirability function for each indicator. Dimensionless values of partial evaluation indicators were obtained. They are used to calculate the generalized D_i -indicator as the geometric mean of four dimensionless indicators. To make a decision on the choice of an efficient roller, graphical and analytical approaches have been studied. According to the maximum value of the D_i -indicator of the complex assessment, the best design of the vibratory press roller with the value of $D_i = 0.713$ was substantiated. The practical significance of the proposed approach lies in its convenient application for agricultural enterprises when they are equipped with the most efficient agricultural machinery from the compared options, which will increase the competitiveness of agricultural producers. The subjectivity of approaches to the technical equipment of agricultural enterprises, if they are based only on practical experience, cannot give a high return on the machines used.

Keywords: *technique, technology, scale, graph, function, optimum, parameters, indicator, comprehensive assessment.*

Маслов Геннадий Георгиевич, доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: maslov-38@mail.ru.

Трубилин Евгений Иванович, доктор технических наук, профессор кафедры «Процессы и машины в агробизнесе» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: trubilinei@mail.ru.

Цыбулевский Валерий Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Тракторы, автомобили и техническая механика» ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»; 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: valera-1913@mail.ru.

Василенко Наталья Борисовна, магистрант ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»; 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13; e-mail: vasilenko.n@mail.ru.

Maslov Gennadiy Georgievich, Dr. Sc. (Techn.), Professor, Department of operation of machine and tractor park, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: maslov-38@mail.ru.

Trubilin Evgeniy Ivanovich, Dr. Sc. (Techn.), Professor, Department of processes and machinery in agribusiness, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: trubilinei@mail.ru.

Tsybulevsky Valeriy Viktorovich, Cand. Sc. (Techn.), assistant professor, Department of tractors, cars and technical mechanics, FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; e-mail: valera-1913@mail.ru.

Vasilenko Natalia Borisovna, Master's Degree student of the FSBEI HE “Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin”; 13, Kalinina str., Krasnodar, 350044, Russia; 13; e-mail: vasilenko.n@mail.ru.

Дата поступления в редакцию – 27.06.2022.

Дата принятия к печати – 29.07.2022.