

### References

1. Modernization of Current Agricultural Technologies of Grain Production Under the Conditions of a Steppe Zone of the Region, et al. / V. I. Belyaev, L.-C. Grunwald, K. A. Akshalov [et al.] // Kulunda: Climate Smart Frgiculture. South Sibirian Agro-steppe as Pioneering Region for Sustainable Land Use. – Switzerland: Springer, 2020. – Ch. 25. – P. 341-354.
2. Effect of fertilizer application schemes on wheat production. The case of Altai Krai / V. I. Belyaev, D. V. Dubinin, S. A. Ivanov [et al.] // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – № 10 (4). – С. 269-272.
3. Belyaev, V. I., Sokolova L. V. Soil water regime, yield and grain quality of spring wheat using the direct sowing technology in the steppe zone of Altai Krai/ 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 659 012024.
4. Yakovlev, D. A. Sravnitel'naya energo-ocenka rabochih organov posevnyh mashin dlya pryamogo poseva v usloviyah razlichnogo uvlazhne-niya pochv / D. A. Yakovlev, V. I. Belyaev, R. E. Prokopchuk. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2020. – № 6 (188). – S. 144-150.
5. Yakovlev, D. A. Racional'noe komplektovanie posevnyh mashin rabochimi organami dlya uslovij povyshennogo uvlazhneniya / D. A. Yakovlev, V. I. Belyaev, G. N. Polyakov. – Tekst: neposredstvennyj // Informacionnye tekhnologii, sistemy i pribory v APK: 7-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. – Novosibirsk; Krasnoobsk, 2018. – S. 497-500.
6. Cifrovizaciya – sovremennyj etap v razvitii i effektivnosti ispol'zovaniya sel'hozmashin Amazone / V. E. Buksman D. V. Rudoj, V. V. Portnov, A. V. Ol'shevskaya. – Tekst: neposredstvennyj // Sbornik nauchnyh trudov HII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii v ramkah XXII Agropromyshlennogo foruma yuga Rossii i vystavki «Interagromash» / DGTU. – Rostov-na-Donu, 2019. – S. 14-20.
7. Belyaev, V. I. Sovremennaya tekhnika i informacionnye tekhnologii v zemledelii Altajskogo kraja / V. I. Belyaev. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – № 8 (166). – S. 158-162.



УДК 631.343



С.Ф. Сороченко, Н.И. Раззамазов  
S.F. Sorochenko, N.I. Razzamazov

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИНЫ ДЛЯ ПРИСТВОЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ В ПЛОДОПИТОМНИКАХ И САДАХ

### DETERMINATION OF FUNCTIONAL DEPENDENCIES OF THE OUTPUT PARAMETERS OF THE MACHINE WORKING BODIES MOVEMENT FOR NEAR-TRUNK TILLAGE IN FRUIT NURSERIES AND ORCHARDS

**Ключевые слова:** почва, приствольная обработка, автоматизация, рабочий орган, плодопитомники, сады, приствольная зона, машина, зависимости, движение рабочих органов.

**Keywords:** soil, near-trunk tillage, automation, working body, fruit nurseries, orchards, near-trunk zone, machine, dependencies, working bodies movement.

Одним из направлений модернизации машины для приствольной обработки почвы в плодпитомниках и садах является разработка автоматизированной системы управления рабочими органами. Обязательный этап реализации данного направления – определение функциональных зависимостей выходных параметров движения рабочих органов от входных параметров при наиболее эффективном режиме работы. Цель работы – определение функциональных зависимостей выходных параметров движения роторных рабочих органов с вертикальной осью вращения машины для приствольной обработки почвы в плодпитомниках и садах. Метод исследования – аналитический, с использованием ЭВМ. Максимальная эффективность прополки достигается при наименьшем возможном отдалении рабочих органов от защитной зоны саженца в процессе её огибания. Возможны два варианта траектории центров рабочих органов. Вариант 1: дуга радиуса, равного сумме радиусов защитной зоны и рабочего органа, с центром, совпадающим с центром окружности защитной зоны. Движение по такой траектории возможно при переменных значениях скорости движения рабочих органов  $V_{\Sigma}$  и, как следствие, её поперечной составляющей  $V_y$ . Вариант 2: ломаная линия, состоящая из трех отрезков, параллельных касательным к окружностям рабочего органа и защитной зоны. Результатом исследований являются функциональные зависимости выходных параметров движения рабочих органов от входных параметров, которые следует обеспечить для наиболее эффективного режима работы. Произведена оценка качества проведения данного вида работ в садах при конкретных значениях входных параметров. Значения доли площади необработанного участка возле защитной зоны от общей площади охватываемой зоны для варианта 1 и для варианта 2 являются приемлемыми, не превышают 0,2%. Разница между ними незначительна, поэтому целесообразно задавать движение рабочих органов по более простому варианту 2. Полученный результат предлагается использовать при проектировании машин с автоматизированной системой управления рабочими органами.

One of the directions of modernization of the machine for near-trunk tillage in fruit nurseries and orchards is the development of an automated control system for the operating parts. An obligatory stage for the implementation of this direction is to determine the functional dependences of the output parameters of the movement of the operating parts on the input parameters in the most efficient mode of operation. The purpose of the research is to determine the functional dependencies of the output parameters of the movement of the rotary operating parts with a vertical rotation axis of the machine for near-trunk tillage in fruit nurseries and orchards. The research method is analytical with the usage of a computer. The maximum efficiency of weeding is achieved with the smallest possible distance of the operating parts from the protective zone of the seedling in the process of going around it. There are two options for the trajectory of the centers of the operating parts. Option 1 is found when an arc of radius is equal to the sum of the radii of the protective zone and the operating part, with the center coinciding with that of the circumference of the protective zone. The movement along such a trajectory is possible with variable values  $V_{\Sigma}$  of the speed of movement of the operating parts and, as a consequence, its transverse component  $V_y$ . Option 2 is found when there is a broken line, consisting of three segments parallel to the tangents to the circles of the operating part and the protective zone. The result of the research is the functional dependences of the output parameters of the movement of the operating parts on the input parameters, which should be provided for the most effective operating mode. The quality of this type of work in gardens was assessed for specific values of the input parameters. The values of the proportion between the untreated area near the protective zone and the total area of the covered zone for option 1 and for option 2 are acceptable and do not exceed 0.2%. The difference between them is insignificant, therefore, it is advisable to set the movement of the operating parts according to a simpler option 2. It is proposed to use the obtained result when designing machines with an automated control system for the operating parts.

**Сороченко Сергей Федорович**, д.т.н., доцент, профессор, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: sorochenkosf@list.ru.

**Раззамазов Никита Иванович**, студент, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: Nyk0810@mail.ru.

**Sorochenko Sergey Fedorovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russian Federation, e-mail: sorochenkosf@list.ru.

**Razzamazov Nikita Ivanovich**, student, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Barnaul, Russian Federation, e-mail: Nyk0810@mail.ru.

### Введение

При возделывании плодово-ягодных культур особое место занимает производство посадочного материала [1]. Потенциальные потери урожая плодовых и ягодных культур от сорняков составляют 7,2% [2]. Одним из факторов, влияющих на этот показатель, является качество

проведения прополки, поэтому совершенствование данного процесса имеет высокую важность для сельского хозяйства.

Приствольная обработка почвы на сегодняшний день – физический труд, требующий больших затрат времени. Один из способов совершенствования этого процесса – его механизация

ция. Однако большинство садоводческих хозяйств располагают в основном отечественной техникой для обработки почвы, состоящей из старых, малопроизводительных однооперационных машин, отсутствуют фрезерные агрегаты для приствольной культивации в садах [3]. Также стоит отметить, что одним из недостатков механизации процесса приствольной обработки почвы является наличие вероятности повреждения корней и стволов деревьев [4].

В 2019 г. Студенческое конструкторское бюро Алтайского государственного технического университета разработало машину для приствольной обработки почвы в плодпитомниках МПП-2, что позволило механизировать процесс прополки саженцев. Принцип работы машины заключается в вычесывании сорняков с одновременным рыхлением почвы пружинными пальцами вертикального роторного рабочего органа [1]. Почвообрабатывающие фрезы с вертикальной осью вращения при обработке междурядий ягодных культур позволяют выравнивать поперечный профиль почвы [5]. При этом, несмотря на усложнение конструкции машины с одновременной обработкой ряда с двух сторон вертикальными роторами по сравнению с машиной с односторонней обработкой ряда с визуальным контролем обрабатываемой зоны [6], её производительность при обработке плантаций ягодных культур для первого и второго года эксплуатации возрастает примерно в 2 раза. При производстве саженцев ягодных культур в плодпитомниках целесообразно одновременно обрабатывать несколько рядков, причем каждый из них – двумя вертикальными роторными рабочими органами.

Одно из направлений модернизации машины – разработка автоматизированной системы управления рабочими органами, которая необходима, в частности, для решения задачи внедрения искусственного интеллекта в процесс распознавания объектов при прополке и прореживании посевов сельскохозяйственных культур, приствольной обработке почвы в садах и плодпитомниках [7]. Обязательный этап реализации данного направления – определение функциональных зависимостей выходных параметров движения рабочих органов от входных при наиболее эффективном режиме работы.

**Цель** работы – определение функциональных зависимостей выходных параметров движения роторных рабочих органов с вертикаль-

ной осью вращения машины для приствольной обработки почвы в плодпитомниках и садах.

#### **Задачи:**

- определить оптимальные варианты траектории движения роторных рабочих органов с вертикальной осью вращения (далее – рабочие органы);

- для каждого варианта траектории построить математическую модель движения рабочих органов, составить необходимое и достаточное количество уравнений, результатом решения которых будут выражения вида  $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , где  $x_i$  – входной параметр движения рабочих органов (далее – входной параметр),  $y$  – исследуемый выходной параметр движения рабочих органов (далее – выходной параметр);

- провести расчет выходных параметров и оценку качества проведения данного вида работ при заданных значениях входных параметров;

- по результатам расчета провести сравнение вариантов траектории движения рабочих органов.

Объект исследования – движение рабочего органа с вертикальной осью вращения машины для приствольной обработки почвы в плодпитомниках и садах.

Метод исследования – аналитический, с использованием ЭВМ.

**Определение оптимальных вариантов траектории рабочих органов.** Максимальная эффективность прополки достигается при наименьшем возможном отдалении рабочих органов от защитной зоны саженца (далее – защитная зона) в процессе её огибания.

Входными параметрами являются: скорость движения машины вдоль ряда  $V_x$ , радиус рабочих органов  $R$ , радиус защитной зоны  $R_z$ , расстояние между соседними саженцами одного ряда  $L$  (рис. 1) и ширина междурядья  $B$ . Возможны два варианта траектории центров рабочих органов:

- вариант 1: дуга радиуса  $(R + R_z)$  с центром, совпадающим с центром окружности защитной зоны (рис. 1). Движение по такой траектории возможно при переменных значениях скорости движения рабочих органов  $V_{\Sigma}$  и, как следствие, её поперечной составляющей  $V_y$ ;

- вариант 2: ломаная линия, состоящая из трех отрезков, параллельных касательным к окружностям рабочего органа и защитной зоны (рис. 2). Движение по такой траектории возмож-

но при  $|V_y| = const$ , принимающей значение  $V_y = 0$  только при движении рабочих органов параллельно рядку.

Выходными параметрами являются: время движения рабочих органов в сомкнутом состоянии  $t_{somk}$ , время движения рабочих органов в процессе огибания защитной зоны  $t_{ogib}$ , поперечная составляющая скорости движения рабочих органов в процессе огибания защитной зоны  $V_y$  (вариант 1 и вариант 2), время движения рабочих органов вдоль касательных к окружности защитной зоны до момента начала движения вдоль рядка  $T_{ogib}$  (вариант 2), время движения рабочих органов параллельно рядку в процессе огибания защитной зоны  $T'_{ogib}$  (вариант 2). Оценку качества проведения работ проведем по следующим параметрам: площадь необработанной приствольной зоны саженца ( $S_I^*$  для варианта 1 и  $S_{I+II}^*$  для варианта 2), доля площади необработанной приствольной зоны саженца от общей площади охватываемой зоны  $\delta$  (вариант 1 и вариант 2). Рассмотрим движение только

левого рабочего органа. Движение правого рабочего органа аналогично.

**Построение математических моделей движения рабочих органов.**

1.  $t_{somk} = \frac{X}{V_x}$ . Выразив  $X$  через  $L, R$  и  $R_z$ , получим:

$$t_{somk} = \frac{L - 2\sqrt{R_z(2R + R_z)}}{V_x} \quad (1)$$

2.  $t_{ogib} = \frac{\Delta x(t_{ogib})}{V_x}$ . Выразив  $\Delta x(t_{ogib})$  через  $R$  и  $R_z$ , получим:

$$t_{ogib} = \frac{2\sqrt{R_z(2R + R_z)}}{V_x} \quad (2)$$

Вариант 1. За предельно малый отрезок времени центр рабочего органа проходит путь  $dl$ . Справедливы выражения:

$$(dl)^2 = (dx)^2 + (dy)^2, \quad (3)$$

$$dl = (R + R_z) \cdot d\alpha. \quad (4)$$

По рисунку 1:

$$V_y(t) = V_x \cdot ctg(\alpha(t)), \quad (5)$$

$$V_\Sigma(t) = \frac{V_x}{\sin(\alpha(t))}. \quad (6)$$



Рис. 1. Схема движения левого рабочего органа (общий вид)

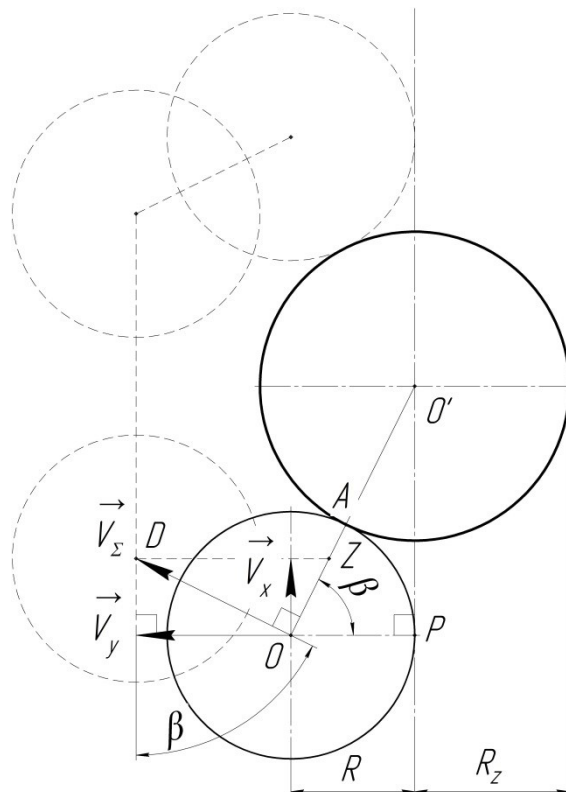
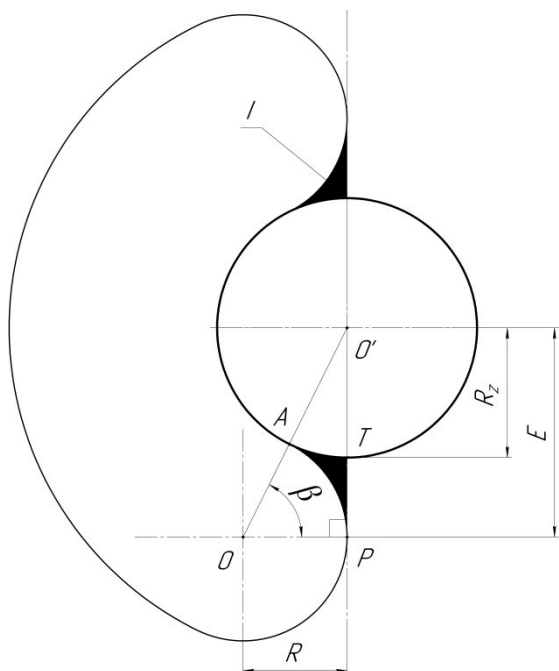
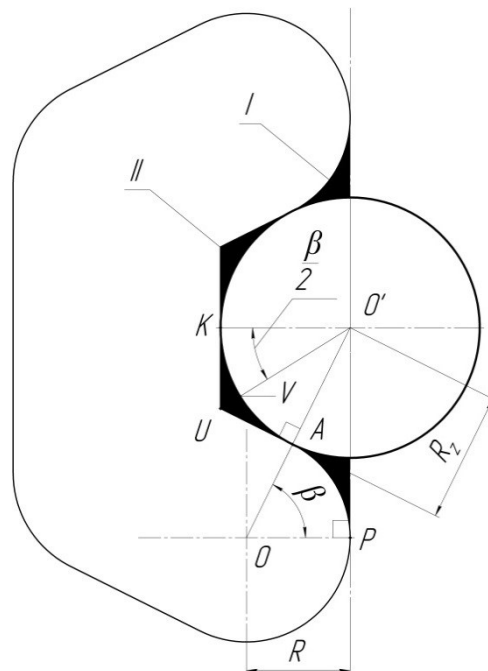


Рис. 2. Схема движения левого рабочего органа в процессе огибания защитной зоны по варианту 2



**Рис. 3. Приствольная зона, обрабатываемая левым рабочим органом по варианту 1 (заштрихована необработанная зона)**



**Рис. 4. Приствольная зона, обрабатываемая левым рабочим органом по варианту 2 (заштрихована необработанная зона)**

Поделив обе части выражения (3) на  $(dt)^2$  и подставив в него выражения (4) и (5), получим:

$$\frac{((R+R_z) \cdot d\alpha)^2}{(dt)^2} = V_x^2(1 + ctg^2(\alpha(t))). \quad (7)$$

По определению  $\frac{d\alpha}{dt} = \omega_R$ ,  $\alpha = \alpha_0 + \omega_R t$  (по рисунку 1  $\alpha_0 = \arcsin\left(\frac{R}{R+R_z}\right)$ ) и  $\omega_R = \frac{V_{\Sigma}(t)}{(R+R_z)} = \frac{V_x}{(R+R_z) \cdot \sin(\alpha(t))}$ . С учетом этого получаем следующее рекурсивное уравнение:

$$V_y(t) = V_x \cdot ctg \left( \arcsin\left(\frac{R}{R+R_z}\right) + \frac{V_x t}{(R+R_z) \cdot \sin\left(\arcsin\left(\frac{R}{R+R_z}\right) + \frac{V_x t}{(R+R_z) \cdot \sin(\dots)}\right)} \right) \quad (8)$$

Поддерживать такую зависимость поперечной скорости рабочих органов невозможно, поэтому при проектировании машины следует ввести некоторые допущения с целью получения функции, которая может быть реализуема.

Вариант 2.

$$T_{ogib} = \frac{R_z}{V_y}. \quad (9)$$

По рисунку 2  $ctg \beta = \frac{R}{\sqrt{R_z(2R+R_z)}} = \frac{V_x}{V_y}$ , откуда:

$$V_y = \frac{V_x \sqrt{R_z(2R+R_z)}}{R}. \quad (10)$$

Подставив (10) в (9), получим:

$$T_{ogib} = \frac{R}{V_x} \cdot \sqrt{\frac{R_z}{2R+R_z}}. \quad (11)$$

Общее время огибания защитной зоны  $t_{ogib} = T'_{ogib} + 2T_{ogib}$ , откуда

$$T'_{ogib} = t_{ogib} - 2T_{ogib}. \quad (12)$$

Подставив (2) и (11) в (12), получим:

$$T'_{ogib} = \frac{2(R+R_z)}{V_x} \cdot \sqrt{\frac{R_z}{2R+R_z}}. \quad (13)$$

Результат приствольной обработки почвы в рассматриваемых нами случаях симметричен относительно поперечной оси, проходящей через центр окружности защитной зоны, и относительно прямой,



проходящей вдоль ряда. Таким образом, для определения искомым площадей достаточно вычислить площади  $S_I$  и  $S_{II}$  тех частей необработанной приствольной зоны, которые расположены между поперечной осью, проходящей через центр окружности защитной зоны, и прямой, проходящей вдоль ряда, и результат умножить на четыре:

$$S_I^* = 4S_I; \quad (14)$$

$$S_{I+II}^* = 4(S_I + S_{II}). \quad (15)$$

Вариант 1. По рисунку 3  $S_I = S_{OO'P} - S_{OPA} - S_{O'AT}$ .

$$S_{OO'P} = \frac{R\sqrt{R_z(2R + R_z)}}{2}, S_{OPA} = \frac{R^2 \cdot \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right)}{2}, S_{O'AT} = \frac{R_z^2}{4} \cdot \left(\pi - 2 \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right)\right);$$

$$S_I = \frac{1}{2} \left( R\sqrt{R_z(2R + R_z)} - R^2 \cdot \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right) - R_z^2 \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right)\right) \right), \quad (16)$$

$$S_I^* = 2 \left( R\sqrt{R_z(2R + R_z)} - R^2 \cdot \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right) - R_z^2 \cdot \left(\frac{\pi}{2} - \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right)\right) \right) \quad (17)$$

Вариант 2.  $\Delta UO'A = \Delta UO'K$  ( $UO'$  – гипотенуза, общая для обоих треугольников,  $O'K = O'A = R_z$ ). Тогда справедливо, что равны и фигуры  $KUV$  и  $AUV$ , откуда  $S_{II} = 2(S_{AO'U} - S_{AO'V})$ .

$$S_{AO'U} = \frac{R_z^2}{2} \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right) \right); S_{AO'V} = \frac{R_z^2 \cdot \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right)}{\frac{4}{2}}$$

$$S_{II} = R_z^2 \left( \operatorname{tg} \left( \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right) \right) - \frac{\arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right)}{2} \right) \quad (18)$$

Подставив (16) и (18) в (15), получим:

$$S_{I+II}^* = 2 \left( R\sqrt{R_z(2R + R_z)} - R^2 \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right) - \frac{\pi}{2} R_z^2 + 2R_z^2 \operatorname{tg} \left( \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right) \right) \right). \quad (19)$$

Обозначим общую площадь охватываемой зоны буквой  $S$ .  $S = BL$ .

$$\delta_1 = \frac{S_I^*}{S} = \frac{2 \left( R\sqrt{R_z(2R + R_z)} - R^2 \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right) - R_z^2 \left(\frac{\pi}{2} - \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right)\right) \right)}{BL} \quad (20)$$

$$\delta_2 = \frac{S_{I+II}^*}{S} = \frac{2 \left( R\sqrt{R_z(2R + R_z)} - R^2 \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right) - \frac{\pi}{2} R_z^2 + 2R_z^2 \operatorname{tg} \left( \frac{1}{2} \arccos\left(\frac{R}{R + R_z}\right) \right) \right)}{BL} \quad (21)$$

Произведем расчет выходных параметров и оценку параметров  $S$  и  $\delta$  с применением программного обеспечения Mathcad при следующих значениях входных параметров:  $R = 0,12$  м (данный параметр был определен в работе [1]),  $R_z = 0,15$  м,  $L = 4$  м (для садов),  $V_x = 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$  (максимальная рабочая скорость машины),  $B = 2$  м (для садов).

Результат расчета:

$$T_{ogib} = 0,054 \text{ с}; T'_{ogib} = 0,241 \text{ с};$$

$$V_y = 2,80 \frac{\text{м}}{\text{с}}; t_{somk} = 2,53 \text{ с};$$

$$t_{ogib} = 0,35 \text{ с}; S_I^* = 53,5 \text{ см}^2;$$

$$S_{I+II}^* = 112 \text{ см}^2; \delta_1 = 0,067\%;$$

$$\delta_2 = 0,140\%.$$

Значения параметров  $\delta_1$  и  $\delta_2$  позволяют дать высокую оценку качеству проводимых работ при данных вариантах траекторий. Их разница несущественна, при этом реализация варианта 1 с технической точки зрения невозмож-

на, поэтому предлагается отдать предпочтение реализации варианта 2.

## Выводы

Определены функциональные зависимости выходных параметров движения рабочих органов машины для приствольной обработки почвы в плодопитомниках и садах от входных параметров, которые следует обеспечить для наиболее эффективного режима работы. Рассмотрены следующие варианты движения: вариант 1 – по дуге радиуса, равного сумме радиусов защитной зоны и рабочего органа, с центром, совпадающим с центром окружности защитной зоны; вариант 2 – ломаная линия, состоящая из трех отрезков, параллельных касательным к окружностям рабочего органа и защитной зоны. Произведена оценка качества проведения данного вида работ в садах при заданных значениях входных параметров. Значения доли площа-

ди необработанной приствольной зоны от общей площади охватываемой зоны для варианта 1 и для варианта 2 траектории движения центров рабочих органов машины являются приемлемыми. Разница между ними незначительна, однако реализация варианта 1 не представляется возможной, поэтому применение результатов расчета выходных параметров движения рабочих органов целесообразно по варианту 2.

Полученный результат предлагается использовать при проектировании машин с автоматизированной системой управления рабочими органами.

### Библиографический список

1. Раззамазов, Н. И. Параметры роторного рабочего органа машины для приствольной обработки почвы в плодopитомниках / Н. И. Раззамазов, А. Ю. Супрунов, С. Ф. Сороченко. – Текст: непосредственный // Научное творчество студентов и сотрудников факультета энергомашиностроения и автомобильного транспорта: сборник докладов 77-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава технического университета / ответственный редактор А. В. Панин. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2019. – С. 68-73.

2. Цыбулевский, В. В. Параметры процесса обработки приствольной зоны плодовых деревьев гербицидами: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.20.01 / Цыбулевский Валерий Викторович; научный руководитель С. М. Борисова; ФГОУ ВПО КГАУ. – Краснодар, 2007. – 24 с. – Текст: непосредственный.

3. Хажметова, А. Л. Параметры и режимы работы агрегата для ухода за междурядьями и приствольными полосами плодовых насаждений: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.20.01 / Хажметова Алина Лиуановна; научный руководитель Ю. А. Шехихачев; ФГБОУ ВО Горский ГАУ. – Владикавказ, 2020. – 23 с. – Текст: непосредственный.

4. Roper, T. R. Orchard-floor management for fruit trees [Elektronnyj resurs] / Cooperative Extension Publications, University of Wisconsin-Extension. – Madison, 2005. Rezhim dostupa: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0145/8808/4272/files/A3562.pdf>.

5. Ожерельев, В. Н. Разработка фрезы для ягодников / В. Н. Ожерельев. – Текст: непосредственный // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. – Брянск, 2019. – № 2 (72). – С. 64-71.

6. Ожерельев, В. Н. Опыт разработки и практического использования фрезерного культиватора для плантации малины / В. Н. Ожерельев, М. В. Ожерельева. – Текст: непосредственный // Вестник НГИЭИ. – Княгинино, 2018. – № 11 (90). – С. 112-123.

7. Раззамазов, Н. И. Распознавание объектов при приствольной обработке почвы в плодopитомниках / Н. И. Раззамазов, С. Ф. Сороченко. – Текст: электронный // Наука и молодежь: материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (г. Барнаул, 1-5 июня 2020 г.): в 8 частях / АлтГТУ им. И. И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2020. – Ч. 4. – С. 44-46. – Электронные текстовые дан. (1 файл: 2,6 МБ). – URL: [https://journal.altstu.ru/konf\\_2020/2020\\_1/48/](https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/48/).

### References

1. Razzamazov, N. I. Parametry rotornogo rabocheho organa mashiny dlya pristvol'noj obrabotki pochvy v plodopitomnikah / N. I. Razzamazov, A. YU. Suprunov, S. F. Sorochenko. – Tekst: neposredstvennyj // Nauchnoe tvorchestvo studentov i sotrudnikov fakul'teta energomashinostroeniya i avtomobil'nogo transporta: sbornik dokladov 77-j nauchno-tekhneskoj konferencii studentov, aspirantov i professorsko-prepodavatel'skogo sostava tekhnicheskogo universiteta / otvetstvennyj redaktor A. V. Panin. – Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2019. – S. 68-73.

2. Cybulevskij, V. V. Parametry processa obrabotki pristvol'noj zony plodovyh derev'ev gerbicidami: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.20.01 / Cybulevskij Valerij Viktorovich; nauchnyj rukovoditel' S. M. Borisova; FGOU VPO KGAU. – Krasnodar, 2007. – 24 s. – Tekst: neposredstvennyj.

3. Hazhmetova, A. L. Parametry i rezhimy raboty agregata dlya uhoda za mezhdurjad'yami i pristvol'nymi polosami plodovyh nasazhdenij: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk: 05.20.01 / Hazhmetova Alina Liuanovna; nauchnyj rukovoditel' Yu. A. Shekihachev; FGBOU VO Gorskij GAU. –

Vladikavkaz, 2020. – 23 s. – Tekst: neposredstvennyj.

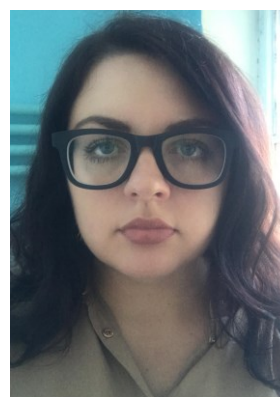
8. Roper, T. R. Orchard-floor management for fruit trees [Elektronnyj resurs] / Cooperative Extension Publications, University of Wisconsin-Extension. – Madison, 2005. Rezhim dostupa: <https://cdn.shopify.com/s/files/1/0145/8808/4272/files/A3562.pdf>.

5. Ozherel'ev, V. N. Razrabotka frezy dlya yagodnikov / V. N. Ozherel'ev. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik Bryanskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii. – Bryansk, 2019. – № 2 (72). – S. 64-71.

6. Ozherel'ev, V. N. Opyt razrabotki i prakticheskogo ispol'zovaniya frezernogo kull'tivatora dlya

plantacii maliny / V. N. Ozherel'ev, M. V. Ozherel'eva. – Tekst: neposredstvennyj // Vestnik NGIEI. – Knyaginino, 2018. – № 11 (90). – S. 112-123.

7. Razzamazov, N. I. Raspoznavanie ob'ektov pri pristvol'noj obrabotke pochvy v plodopitomnikah / N. I. Razzamazov, S. F. Sorochenko. – Tekst: elektronnyj // Nauka i molodezh': materialy XVII Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh (g. Barnaul, 1-5 iyunya 2020 g.): v 8 chastyah / AltGTU im. I. I. Polzunova. – Barnaul: Izd-vo AltGTU, 2020. – Ch. 4. – S. 44-46. – Elektronnye tekstovye dan. (1 fajl: 2,6 MB). – URL: [https://journal.altstu.ru/konf\\_2020/2020\\_1/48/](https://journal.altstu.ru/konf_2020/2020_1/48/).



УДК 621.31

О.К. Никольский, М.А. Габова  
O.K. Nikolsky, M.A. Gabova

## ОНТОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

### ONTOLOGICAL ANALYSIS OF THE TECHNOGENIC RISKS OF ELECTRICAL INSTALLATIONS

**Ключевые слова:** техногенный риск, электроустановка, человеко-машинная система онтология, диагностика, математическое моделирование.

Онтология техногенной безопасности электроустановок рассматривается как специфическая база знаний, в основе которой лежат определение и использование взаимосвязанной совокупности таких компонент, как таксономия терминов, их смысловое определение и установление соотношений между собой. Разработка онтологии в рассматриваемой нами предметной области (ПрО) позволила структурировать знания на основе их систематизации, создания единой системы понятий, включая унификацию терминов и правила их интерпретации. Снижение риска аварий электроустановок, электротравматизма и пожаров требует накопления значи-

тельных объемов информации, для обработки которых необходимо формирование терминологии, а для проведения расчетов применение современных информационных систем. Целью работы является формирование онтологической базы, и на ее основе разработка информационных систем по поддержке принятия решения, включающего понятийно-термино-логический аппарат и концептуализацию знаний, математические модели, экспертные и расчетные процедуры, реализуемые средствами вычислительной техники. Процедура разработки онтологии включает спецификацию, концептуализацию, формализацию и реализацию. Результаты работы по данным 3 этапам приведены в статье. Методология управления представляет собой процедуру, учитывающую вероятность возникновения риска и его последствий для получения количественной оценки