

Научная статья

УДК 631.312.024

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-67-75

Оптимизация параметров плужного лемеха с дополнительными элементами для крошения почвы

Владимир Станиславович Курасов^{✉1}, Дмитрий Александрович Дмитриев²,
Валерий Викторович Цыбулевский³

Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, улица Калинина, 13,
Краснодар, Россия, 350044

^{✉1}kurasoff@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-5519-4998>

²dmitrydinskoy@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0000-3376-4603>

³valera-1913@mail.ru

Аннотация. Отвальная вспашка является неотъемлемым элементом большинства технологий возделывания полевых сельскохозяйственных культур, а также плодовых насаждений. Вспашка является одной из самых трудоемких и энергоемких операций. В структуре энергозатрат она занимает до 40%. Поэтому снижение расхода топлива при вспашке является актуальной задачей. На основании анализа научно-технической информации и поисковых исследований авторами было сделано следующее предположение: установка на лезвиях плужного корпуса и предплужника дополнительных рабочих элементов в форме тетраэдра должно снизить тяговое сопротивление плуга, а соответственно, и расход топлива. Модернизирован был плуг ПНУ-5-35. Для опытной проверки этого предположения были изготовлены тетраэдры – по три на каждый лемех корпуса плуга и по два на каждый предплужник. Тетраэдры расположены с шагом, предотвращающим забивание почвы и растительных остатков между ними. Экспериментально подтверждено, что установка на лезвиях лемехов корпуса плуга и предплужников дополнительных рабочих элементов в форме тетраэдров снижает расход топлива. Наименьший расход топлива при вспашке на глубину 23–25 см пахотным агрегатом в составе трактора Т-150К и модернизированного плуга ПНУ-5-35 достигается при скорости движения агрегата 7,4 км/ч, длине тетраэдров 0,094 м и шаге их расстановки 0,123 м. По сравнению с контролем (трактор Т-150К и заводской плуг ПНУ-5-35), удельный расход топлива снизился на 3,4 л/га и составил 36,2 л/га. Установлена область рациональных параметров, при которых расход топлива составляет меньше 37 л/га: скорость пахотного агрегата 6,4–8,3 км/ч, длина тетраэдров 0,084–0,104 м, шаг расстановки тетраэдров 0,105–0,140 м.

Ключевые слова: вспашка, почва, плуг, лемех, тетраэдр, расход топлива

Для цитирования: Курасов В. С., Дмитриев Д. А., Цыбулевский В. В. Оптимизация параметров плужного лемеха с дополнительными элементами для крошения почвы // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В. М. Кокова. 2025. № 2(48). С. 67–75.

doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-67-75

Original article

Optimization of plowshare parameters with additional elements for soil crumbling

Vladimir S. Kurasov^{✉1}, Dmitry A. Dmitriev², Valery V. Tsybulevsky³

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, 13 Kalinina Street, Krasnodar, Russia, 350044

^{✉1}kurasoff@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-5519-4998>

²dmitrydinskoy@gmail.com, <http://orcid.org/0009-0000-3376-4603>

³valera-1913@mail.ru

Abstract. Moldboard plowing is an integral element of most technologies for cultivating field crops, as well as fruit plantations. Plowing is one of the most labor-intensive and energy-intensive operations. It takes up to 40% of the energy costs. Therefore, reducing fuel consumption during plowing is an urgent task. Based on the analysis of scientific and technical information and exploratory studies, we made the following assumption: installing additional working elements in the form of a tetrahedron on the blades of the plow body and skimmer should reduce the traction resistance of the plow, and accordingly, fuel consumption. The PNU-5-35 plow was modernized. To experimentally test this assumption, we made tetrahedrons – three for each share of the plow body and two for each skimmer. The tetrahedrons are located with a step that prevents clogging of soil and plant residues between them. It has been experimentally confirmed that installation of additional working elements in the form of tetrahedrons on the blades of the ploughshares of the plough body and coulters reduces fuel consumption. The lowest fuel consumption when ploughing to a depth of 23–25 cm by plowing units consisting of the T-150K tractor and the modernized PNU-5-35 plough is achieved at a unit speed of 7.4 km/h, a tetrahedron length of 0.094 m and a spacing of 0.123 m. Compared with the control (T-150K tractor and factory PNU-5-35 plough), the specific fuel consumption decreased by 3.4 l/ha and amounted to 36.2 l/ha. The area of rational parameters has been established, at which fuel consumption is less than 37 l/ha: the speed of the plowing unit is 6.4–8.3 km/h, the length of the tetrahedrons is 0.084–0.104 m, the step of the tetrahedron arrangement is 0.105–0.140 m.

Keywords: plowing, soil, plow, ploughshare, tetrahedron, fuel consumption

For citation: Kurasov V.S., Dmitriev D.A., Tsybulovsky V.V. Optimization of plowshare parameters with additional elements for soil crumbling. *Izvestiya of Kabardino-Balkarian State Agrarian University named after V.M. Kokov.* 2025;2(48):67–75. (In Russ.). doi: 10.55196/2411-3492-2025-2-48-67-75

Введение. Вспашка, несмотря на развитие альтернативных способов обработки почвы, по-прежнему остается важным элементом многих агротехнологий [1, 2]. Однако высокая энергоемкость вспашки, обусловленная значительным тяговым сопротивлением плугов, оказывает существенное влияние на экономическую эффективность производства сельскохозяйственной продукции [3, 4]. Рост цен на топливо стимулирует поиск инновационных решений, направленных на снижение тягового сопротивления плугов [5]. Разработка и внедрение новых конструкций, материалов и технологий, позволяющих уменьшить сопротивление плуга при обработке почвы, открывает перспективы для повышения рентабельности сельскохозяйственного производства. В этой работе упор делается на внедрении дополнительных элементов для плужного лемеха, обеспечивающих предварительное разрушение пласта почвы с образованием равноразмерных частиц, облегчающих подрезку пласта, его подъем по отвалу, а также последующий оборот.

Цель исследования – определить оптимальные размеры дополнительных элементов, их наилучшее расположение на рабочей поверхности лемеха, а также скорость пахотно-

го агрегата, обеспечивающие снижение тягового сопротивления плуга, а соответственно, и расход топлива.

Материалы, методы и объекты исследования. Материал исследования – пахотный агрегат в составе трактора Т-150К и модернизированного плуга ПНУ-5-35. Метод исследования – полевой опыт с использованием многофакторного планирования эксперимента.

Исследование базируется на трехфакторном эксперименте симметричного композиционного плана типа В_к. Объектом исследования являются конструктивно-эксплуатационные характеристики плуга, укомплектованного лемехами с дополнительными элементами в виде тетраэдров, а также технологический процесс отвальной вспашки модернизированным плугом.

Результаты исследования. Исследование проводилось с 10.10.2024 по 23.10.2024 г. на полях валидационного полигона Новокубанского филиала ФГБНУ «Росинформагротех» (КубНИИТиМ). Была произведена вспашка почвы на поле площадью 72 га. В качестве контроля использовался пахотный агрегат в составе трактора Т-150К и заводского плуга ПНУ-5-35. Показатели качества выполнения технологического процесса (гребнистость и

крошение почвы) у обоих плугов соответствовали агротехническим требованиям.

Для снижения тягового сопротивления лемеха плуга и предплужников были оснащены дополнительными элементами тетраэдрической конфигурации (тетраэдры), образующими с ними монолитную конструкцию с выступом их остроконечных частей и разме-

щенными с шагом, предотвращающим забивание почвы и растительных остатков между ними [6]. На плужном лемехе установлено три тетраэдра, а на предплужнике – два [7, 8]. При этом тетраэдры установлены параллельно между собой, а их вершины сонаправлены к носку лемеха (рис. 1).

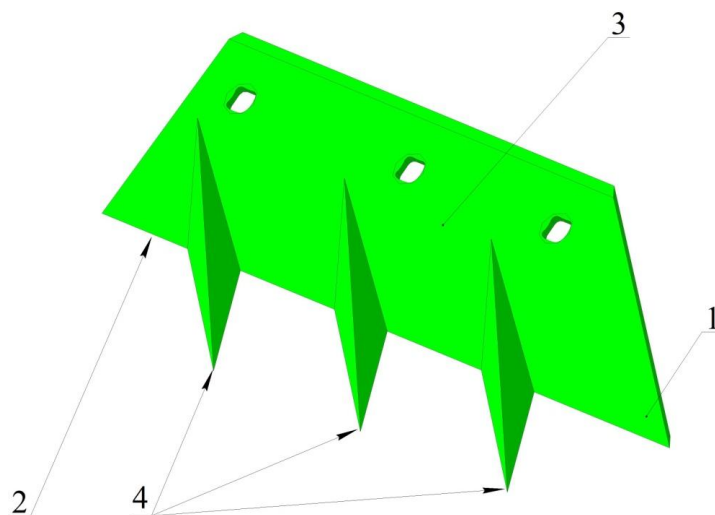


Рисунок 1. Общий вид лемеха с дополнительными элементами для крошения почвы в виде тетраэдров:

1 – носок лемеха; 2 – лезвие лемеха; 3 – рабочая поверхность лемеха;
4 – тетраэдры

Figure 1. General view of the tiller with additional elements for grinding soil in the form of tetrahedra:

1 – ratchet sock; 2 – ratchet blade; 3 – lathe working surface; 4 – tetrahedral

Треугольные основания тетраэдров в поперечном сечении под углом образованы рабочей поверхностью лемеха, их нижняя горизонтальная грань установлена в одной плоскости с лезвием лемеха и параллельна поверхности почвы, а ее биссектриса параллельна рабочему направлению носка лемеха. Угол раствора ребер, образующих острие тетраэдров, составляет 25–30°.

Для проведения эксперимента был выбран симметричный композиционный план типа Вк [9–11]. По результатам поисковых исследований в качестве управляемых факторов были выбраны: скорость пахотного агрегата (V), км/ч; длина тетраэдров (l), м; шаг расстановки тетраэдров (P), м (табл. 1). Глубина вспашки составляла 23–25 см. Повторность была принята трехкратной.

Таблица 1. Факторы, уровни и интервалы их варьирования
Table 1. Factors, levels and intervals of their variation

Факторы	Обозначение	Интервал варьирования	Уровни факторов		
			–1	0	+1
Скорость пахотного агрегата (V), км/ч	X_1	1,5	6	7,5	9
Длина тетраэдров (l), м	X_2	0,03	0,085	0,115	0,145
Шаг расстановки тетраэдров (P), м	X_3	0,02	0,10	0,12	0,14

Длину и шаг расстановки тетраэдров изменяли путем монтажа соответствующих лемехов, изготовленных по заданным параметрам. Для определения эксплуатационных показателей работы агрегата его скорость установили,

засекая секундомером время прохождения участка длиной 100 м, а контроль расхода топлива осуществлялся датчиком уровня топлива 56.3827 ХТЗ-17221 [5]. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 2.

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента
Table 2. Pilot planning matrix

Кодированное значение переменных			Натуральное значение переменных			Расход топлива (Q), л/га
x_1	x_2	x_3	скорость пахотного агрегата (V), км/ч	длина тетраэдров (l), м	шаг расстановки тетраэдров (P), м	
+1	+1	+1	9	0,145	0,14	47,019
-1	+1	+1	6	0,145	0,14	37,072
+1	-1	+1	9	0,085	0,14	40,146
-1	-1	+1	6	0,085	0,14	33,295
+1	+1	-1	9	0,145	0,10	32,715
-1	+1	-1	6	0,145	0,10	34,251
+1	-1	-1	9	0,085	0,10	32,658
-1	-1	-1	6	0,085	0,10	44,744
+1	0	0	9	0,115	0,12	38,603
-1	0	0	6	0,115	0,12	34,966
0	+1	0	7,5	0,145	0,12	38,457
0	-1	0	7,5	0,085	0,12	34,943
0	0	+1	7,5	0,115	0,14	39,546
0	0	-1	7,5	0,115	0,10	33,774

В результате анализа экспериментальных данных было получено следующее уравнение:

$$Y = 36,195 + 0,677x_1 + 0,373x_2 + 1,893x_3 + 1,706x_1x_2 + 3,803x_1x_3 + 2,636x_2x_3 + 0,581x_1^2 + 0,497x_2^2 + 0,456x_3^2, \quad (1)$$

где

Y – расход топлива, л/ч;

x_1 – кодированное значение скорости пахотного агрегата;

x_2 – кодированное значение длины тетраэдров;

x_3 – кодированное значение шага расстановки тетраэдров.

Для преобразования кодированных величин факторов в действительные показатели согласно общепринятой методике [10] использовались следующие соотношения:

$$\begin{aligned} X_1 &= 1,5x_1 + 7,5; \\ X_2 &= 0,03x_2 + 0,115; \\ X_3 &= 0,02x_3 + 0,12, \end{aligned} \quad (2)$$

где

X_1 – скорость пахотного агрегата, км/ч;

X_2 – длина тетраэдров, м;

X_3 – шаг расстановки тетраэдров, м.

Статистическую значимость коэффициентов уравнения (1) оценили по критерию Стьюдента [9], предварительно вычислив доверительный интервал:

$$db_0 = 0,9305; \quad db_i = 0,1637;$$

$$db_{ij} = 0,1482; \quad db_{ii} = 0,2006$$

при $t = 2,57$.

Для верификации адекватности математической модели был задействован статистический метод, основанный на F-критерии Фишера [9], с использованием экспериментальных данных, полученных в центре плана (табл. 3).

Уравнение (1) адекватно, т. к. $F_{\text{табл}} = 4,74 \geq F_{\text{расч}} = 3,506$.

Таблица 3. Опыты в центре плана
Table 3. Experiences at the centre of the plan

Кодированное значение переменных			Натуральное значение переменных			Расход топлива (Q), л/га
			скорость пахотного агрегата (V), км/ч	длина тетраэдров (l), м	шаг расстановки тетраэдров (P), м	
x_1	x_2	x_3				
0	0	0	7,5	0,115	0,12	36,189
0	0	0	7,5	0,115	0,12	34,101
0	0	0	7,5	0,115	0,12	36,645
0	0	0	7,5	0,115	0,12	35,892
0	0	0	7,5	0,115	0,12	37,047

Для нахождения оптимальных параметров продифференцируем уравнение (1) отдельно по каждому фактору, чтобы получить систему линейных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dy}{dx_1} = 0,677 + 1,161x_1 + 1,706x_2 + 3,803x_3; \\ \frac{dy}{dx_2} = 0,373 + 1,706x_1 + 0,993x_2 + 2,636x_3; \\ \frac{dy}{dx_3} = 1,893 + 3,803x_1 + 2,636x_2 + 0,913x_3. \end{cases} \quad (3)$$

Решив систему (3), получим координаты центра поверхности отклика: $x_1 = -0,0427$; $x_2 = -0,7098$; $x_3 = +0,1535$. Расход топлива при этих значениях составил $Q = 36,2$ л/га.

Для определения натуральных координат факторного пространства использовали формулы переходы от кодированных значений факторов к натуральным [4]:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{V - 7,5}{1,5}, \\ x_2 &= \frac{l - 0,115}{0,03}, \\ x_3 &= \frac{P - 0,12}{0,02}. \end{aligned} \quad (4)$$

После подстановки экспериментальных данных в выражения (4) имеем: $V = 7,44$ км/ч, $l = 0,094$ м, $P = 0,123$ м.

Для оценки влияния каждого фактора на расход топлива в зоне оптимума проведем каноническое преобразование уравнения (1) по методике, изложенной в [9], принимая по очереди один из факторов как оптимальный.

Подставим $x_3 = +0,1535$ в уравнение (1), тем самым получим:

$$Y_{12} = 36,496 + 1,260x_1 + 0,778x_2 + 1,706x_1x_2 + 0,581x_1^2 + 0,497x_2^2, \quad (5)$$

где

Y_{12} – расход топлива (кг/га) при взаимодействии 1-го и 2-го факторов, когда 3-й фактор находится в центре плана эксперимента.

Каноническое уравнение поверхности отклика в этом случае примет вид:

$$Y_{12} - 36,193 = 1,392X_1^2 - 0,315X_2^2. \quad (6)$$

Построим семейство линий равного выхода (рис. 2) путем подстановки переменных в уравнение (6).

Из рисунка 2 следует, что длина тетраэдров оказывает меньшее влияние на тяговое сопротивление агрегата, чем скорость пахотного агрегата.

Подставив $x_2 = -0,7098$ в уравнение (1), получим следующее уравнение:

$$Y_{13} = 36,180 - 0,534x_1 + 0,022x_3 + 3,803x_1x_3 + 0,581x_1^2 + 0,456x_3^2. \quad (7)$$

Каноническое уравнение поверхности отклика в этом случае имеет вид:

$$Y_{13} - 36,193 = 2,421X_1^2 - 1,384X_3^2. \quad (8)$$

Построим семейство линий равного выхода (рис. 3) путем подстановки переменных в уравнение (8).

Из рисунка 3 следует, что шаг расстановки тетраэдров оказывает меньшее влияние на тяговое сопротивление агрегата, чем его скорость.

Подставив $x_1 = -0,0427$ в уравнение (1), получим:

$$Y_{23} = 36,167 + 0,300x_2 + 1,731x_3 + 2,636x_2x_3 + 0,497x_2^2 + 0,456x_3^2. \quad (9)$$

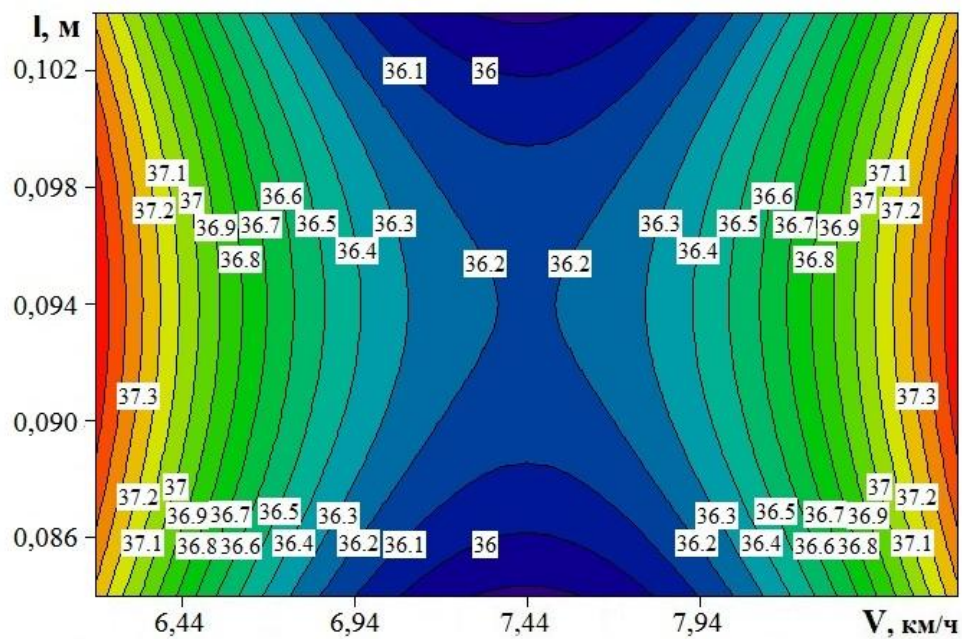


Рисунок 2. Двумерное сечение поверхности отклика зависимости расхода топлива от скорости пахотного агрегата и длины тетраэдров

Figure 2. Two-dimensional section of the response surface fuel from crop aggregate speed and tetrahedron length

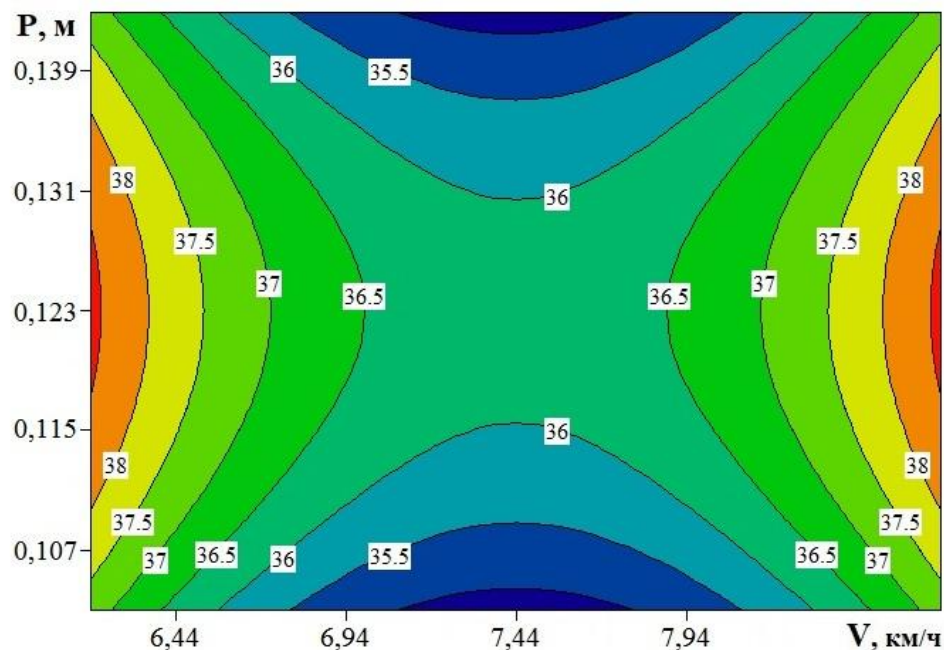


Рисунок 3. Двумерное сечение поверхности отклика зависимости расхода топлива от скорости пахотного агрегата и шага расстановки тетраэдров

Figure 3. Two-dimensional cross section of the surface response of the fuel consumption to the speed of the crop aggregate and the step of the tetrahedron placement

Каноническое уравнение поверхности отклика в этом случае имеет вид:

$$Y_{23} - 36,193 = 1,795X_2^2 - 0,842X_3^2. \quad (10)$$

Построим семейство линий равного выхода (рис. 4) путем подстановки переменных в уравнение (10).

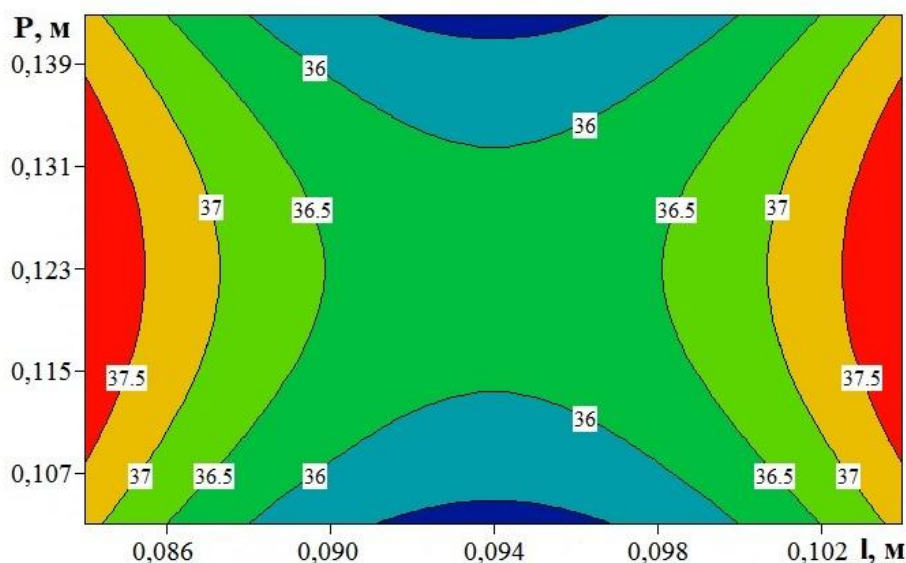


Рисунок 4. Двумерное сечение поверхности отклика зависимости расхода топлива от длины тетраэдров и шага расстановки тетраэдров

Figure 4. Two-dimensional ratio of the surface response of the fuel consumption to the length of the tetrahedron and step of the tetrahedron placement

Из рисунка 4 следует, что длина тетраэдров оказывает меньшее влияние на тяговое сопротивление агрегата, чем их шаг расстановки.

Выводы. 1. Экспериментально подтверждено, что установка на лезвиях лемехов корпуса плуга и предплужников дополнительных рабочих элементов в форме тетраэдров снижает расход топлива.

2. Наименьший расход топлива при вспашке на глубине 23–25 см пахотным агрегатом в составе трактора Т-150К и модернизированного плуга ПНУ-5-35 достигается при

скорости движения агрегата 7,4 км/ч, длине тетраэдров 0,094 м и шаге их расстановки 0,123 м. По сравнению с контролем (трактор Т-150К и заводской плуг ПНУ-5-35), удельный расход топлива снизился на 3,4 л/га и составил 36,2 л/га.

3. Область рациональных параметров, при которых расход топлива составляет меньше 37 л/га, на основании анализа графиков на рисунках 3, 5 и 7 следующая: скорость пахотного агрегата 6,4–8,3 км/ч, длина тетраэдров 0,084–0,104 м, шаг расстановки тетраэдров 0,105–0,140 м.

Список литературы

1. Абликов В. А., Трубилин Е. И., Северин Ю. Д. Элементы теории и расчета сельскохозяйственных машин: учеб. пособие. Краснодар: КубГАУ, 2001. 200 с.
2. Дмитриев Д. А., Курасов В. С. Основные направления снижения расхода топлива и повышения качества рыхления почвы при отвальной вспашке // Вектор современной науки: сб. тез. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. / отв. за вып. А. Г. Коцаев. Краснодар: КубГАУ, 2022. С. 804–805. EDN: PFVCFS
3. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Е. С. Босой, О. В. Верняев, И. И. Смирнов, Е. Г. Султан-Шах. Москва: Машиностроение, 1977. 568 с.
4. Оптимизация параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата по критерию минимума тягового сопротивления / Х. Х. Ашабоков, А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев [и др.] // АгроЭкоИнфо. 2019. № 2(36). С. 32. EDN: ERCQEK
5. Сайт министерства сельского хозяйства РФ [Электронный ресурс]: Информационный сервер. URL: <http://www.mcsx.ru>
6. Пат. 2837870 Российская Федерация, МПК A01B 13/14. Плуг / Д. А. Дмитриев, В. С. Курасов; патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина. № 2024135592; заявл. 28.11.2024; опубл. 07.04.2025, Бюл. № 10.

7. Пат. 231786 Российская Федерация, МПК А01В 15/04. Лемех / Д. А. Дмитриев, В. С. Курасов; патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина. № 2024135615; заявл. 28.11.2024; опубл. 11.02.2025, Бюл. № 5.
8. Пат. 231903 Российская Федерация, МПК А01В 15/04. Корпус плуга / В. С. Курасов, Д. А. Дмитриев; патентообладатель Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина. № 2024135614; заявл. 28.11.2024; опубл. 17.02.2025, Бюл. № 5.
9. Лунев В. А. Математическое моделирование и планирование эксперимента. Санкт-Петербург: Изд-во политехнического университета, 2012, 154 с. ISBN 5-7422-1023-X
10. Мельников С. В., Алешкин В. Р., Рощин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Ленинград: Колос, 1980. 168 с.
11. Юдин М. И. Планирование эксперимента и обработка его результатов: монография. Краснодар: КубГАУ, 2004. 239 с.

References

1. Ablikov V.A., Trubilin E.I., Severin Yu.D. *Elementy teorii i rascheta sel'skhozaystvennykh mashin: ucheb. posobie*. [Elements of the theory and calculation of agricultural machinery: textbook. Manual. KGAU]. Krasnodar: KubGAU. 2001. 200 p. (In Russ.)
2. Dmitriev D.A., Kurasov V.S. Main directions of reducing fuel consumption and improving the quality of soil loosening during moldboard plowing. *Vektor sovremennoy nauki: sb. tez. po materialam Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.; otv. za vyp. A.G. Koshchayev* [Vector of modern science: collection of abstracts based on materials of the International scientific and practical conference; responsible for the issue A. G. Koshchayev]. Krasnodar: KubGAU, 2022. Pp. 804-805. (In Russ.). EDN: PFVCF5
3. Bosoy E.C., Vernyaev O.V., Smirnov I.I., Sultan-Shah E.G. *Teoriya, konstrukciya i raschet sel'skhozaystvennykh mashin* [Theory, design and calculation of agricultural machinery]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1977. 568 p. (In Russ.)
4. Ashabokov H.H., Apazhev A.K., Shekihachev Yu.A. [et al.]. Optimization of parameters and operating modes of a plowing and milling unit based on the criterion of minimum traction resistance. *AgroEkoInfo*. 2019;2(36):32. (In Russ.). EDN: ERCQEK.
5. Website of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation [Electronic resource]: Information server. URL: <http://www.mcx.ru>. (In Russ.)
6. Pat. 2837870 Russian Federation, Int. Cl. A01B 13/14. Plough. D.A. Dmitriev, V.S. Kurasov; patent holder Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T. Trubilina. No. 2024135592; application 28.11.2024; publ. 07.04.2025, Bull. No. 10. (In Russ.)
7. Pat. 231786 Rossijskaya Federaciya, MPK A01B 15/04. Lemekh / D. A. Dmitriev, V. S. Kurasov; patentoobladatel' Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T.Trubilina. № 2024135615; yayavl. 28.11.2024; opubl. 11.02.2025, Byul. № 5. (In Russ.)
8. Pat. 231903 Rossijskaya Federaciya, MPK A01B 15/04. Korpus pluga. V.S. Kurasov, D.A. Dmitriev; patentoobladatel' Kubanskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni I.T. Trubilina. № 2024135614; yayavl. 28.11.2024; opubl. 17.02.2025, Byul. № 5. (In Russ.)
9. Lunev V.A. *Matematicheskoe modelirovaniye i planirovaniye eksperimenta* [Mathematical modeling and experimental planning]. Saint Petersburg: Izd-vo politekhnicheskogo universiteta, 2012, 154 p. ISBN 5-7422-1023-X. (In Russ.)
10. Melnikov S.V., Aleshkin V.R., Roshchin P.M. *Planirovaniye eksperimenta v issledovaniyakh sel'skhozaystvennykh processov* [Experimental planning in studies of agricultural processes]. Leningrad: Kolos, 1980. 168 p.
11. Yudin M.I. *Planirovaniye eksperimenta i obrabotka ego rezul'tatov: monografiya* [Planning an experiment and processing its results: monograph]. Krasnodar: KubGAU, 2004. 239 p.

Сведения об авторах

Курасов Владимир Станиславович – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Тракторы, автомобили и техническая механика», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 7925-1853

Дмитриев Дмитрий Александрович – аспирант кафедры «Тракторы, автомобили и техническая механика», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 9819-3600

Цыбулевский Валерий Викторович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Тракторы, автомобили и техническая механика», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», SPIN-код: 6256-1807

Information about the authors

Vladimir S. Kurasov – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Tractors, Automobiles and Technical Mechanics, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 7925-1853

Dmitry A. Dmitriev – Postgraduate student of the Department of Tractors, Automobiles and Technical Mechanics, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 9819-3600

Valeriy V. Tsybulovsky – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Tractors, Automobiles and Technical Mechanics, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, SPIN-code: 6256-1807

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы ознакомились и одобрили окончательный вариант статьи.

Author's contribution. All authors have directly participated in the planning, execution and analysis of this study. All authors have read and approved the final version of this article.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

*Статья поступила в редакцию 14.05.2025;
одобрена после рецензирования 04.06.2025;
принята к публикации 11.06.2025.*

*The article was submitted 14.05.2025;
approved after reviewing 04.06.2025;
accepted for publication 11.06.2025.*