

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ СТЕРНЕВЫМ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ КУЛЬТИВАТОРОМ

EFFICIENCY OF SURFACE TREATMENT OF SOIL BY A STUBBLE MULTIFUNCTIONAL CULTIVATOR

Г.Г. МАСЛОВ, д.т.н.
Е.М. ЮДИНА, к.т.н.
И.А. ЖУРИЙ

Кубанский государственный аграрный университет
имени И.Т. Трубилина, Краснодар, Россия,
yudina2010.63@mail.ru

G.G. MASLOV, DSc in Engineering
E.M. YUDINA, PhD in Engineering
I.A. ZHURIJ

Kuban State Agrarian University named after Ivan Trubilin,
Krasnodar, Russia, yudina2010.63@mail.ru

Обосновано эффективное применение стерневого культиватора на поверхностной обработке почвы одновременно с внесением твердых минеральных удобрений. Снижается распыл почвы по сравнению с дисковыми орудиями в 1,5...2 раза. На примере предлагаемого многофункционального стерневого культиватора с приспособлением для одновременного внесения минеральных удобрений доказана возможность применения функции затрат и потерь (затрат на выполнение объема работ и потерь будущего урожая в связи с нарушением оптимальной продолжительности работ) для оптимизации продолжительности работ. Представлена блок-схема алгоритма оптимизации параметров и режимов работы многофункционального стерневого культиватора по критерию оптимального значения коэффициента использования тягового усилия заданного трактора с учетом его тяговой характеристики и зависимости коэффициента удельного сопротивления культиватора от рабочей скорости движения, глубины обработки и удельной материалоемкости с учетом массы вносимых удобрений. В целевой функции оптимизации продолжительности выполняемой работы стоимость затрат включает эксплуатационные затраты на заданный агрегат для планируемых объемов работ. При увеличении продолжительности этих работ затраты снижаются, а стоимость потерь будущего урожая, наоборот, возрастает. Сумма же стоимости затрат и потерь имеет экстремум, который определяет оптимальность решения. Приведена зависимость стоимости потерь будущего урожая зерна кукурузы от продолжительности, объема работ, закупочной цены убираемого урожая и интенсивности потерь за каждый день нарушения оптимального срока стерневой обработки почвы с одновременным внесением минеральных удобрений. С помощью полученной функции затрат и потерь установлена оптимальная продолжительность стерневой обработки почвы с одновременным внесением твердых минеральных удобрений на примере машинно-тракторного агрегата в составе трактора МТЗ-1221 и стерневого культиватора КСУ-3 с приспособлением для одновременного внесения твердых минеральных удобрений.

Ключевые слова: функция затрат и потерь, многофункциональный стерневой культиватор, затраты, потери урожая, оптимизация, эффективность.

The effective application of the stubble cultivator on surface tillage is justified simultaneously with the introduction of solid mineral fertilizers. The atomization of the soil in comparison with the disk tools decreases in 1,5...2 times. Using the example of the proposed multifunctional stubble cultivator with the device for simultaneous application of mineral fertilizers, the possibility of using the cost and loss function (the cost of carrying out the amount of work and the loss of the future crop due to a violation of the optimal duration of work) is proved to optimize the duration of work. A block diagram of the algorithm for optimizing the parameters and operating conditions of a multifunctional stubble cultivator is presented based on the criterion of the optimal value of the traction factor of a given tractor, taking into account its traction characteristics and the dependence of the coefficient of the resistivity of the cultivator on the working speed of movement, the depth of processing and the specific material consumption, with consideration of the mass of fertilizers applied. In the objective function of optimizing the duration of the work performed, the cost of the cost includes the operating costs for the specified unit for the planned scope of work. With an increase in the duration of these works, costs are reduced, and the cost of future crop losses, on the contrary, increases. The sum of costs and losses has an extremum, which determines the optimality of the solution. The dependence of the cost of losses of the future corn grain crop on the duration, the amount of work, the purchase price of the harvested crop and the intensity of losses for each day of the violation of the optimal period of stubble cultivation of the soil with simultaneous application of mineral fertilizers is given. With the help of the obtained cost and loss function, the optimum duration of stubble cultivation of the soil was established with the simultaneous introduction of solid mineral fertilizers using the example of the machine-tractor unit as part of the MTZ-1221 tractor and the stubble cultivator KSU-3 with the device for simultaneous application of solid mineral fertilizers.

Keywords: function of costs and losses, multifunctional stubble cultivator, costs, crop losses, optimization, efficiency.

Введение

Рациональная система обработки предкавказских выщелоченных черноземов в сочетании со вспашкой, поверхностной обработкой и прямым посевом оказывает существенное влияние на их агрофизические свойства и продуктивность выращиваемых полевых культур в зернопропашном севообороте при лучших показателях экономической и биоэнергетической эффективности. Для этой цели на Кубани применяют отвальную и безотвальную вспашку, дисковые орудия и сеялки прямого посева. Однако применение дисковых орудий для поверхностной обработки почвы наносит существенный урон ее плодородию. Постоянная поверхностная или мелкая зяблевая обработка почвы дисковыми орудиями приводит к увеличению в ней содержания пыли до 9...11 %, что в 1,5...2 раза больше чем при отвальной и нулевой обработках [1]. В этой связи для сохранения более агрономически ценной структуры почвы необходимо ограничить использование дисковых орудий, особенно типа БДТМ.

Для поверхностной обработки почвы более предпочтительны стерневые культиваторы (рис. 1), выпускаемые отечественным сельхозмашиностроением [2].



Рис. 1. Серийный стерневой культиватор КСУ-6 совместного российско-германского производства

Эффективность стерневых культиваторов помимо сохранения структуры почвы может быть повышена за счет совмещения нескольких технологических операций за один проход машины по полю, например, с одновременным внесением основного минерального удобрения многофункциональным культиватором [3].

Цель исследования

Целью исследования является обоснование оптимальной продолжительности поверхностной обработки почвы с одновременным внесением минеральных удобрений предлагаемым многофункциональным культиватором.

Материалы и методы исследования

В качестве метода исследования принята функция затрат и потерь, для которой разработана математическая модель и блок-схема алгоритма (рис. 2) оптимизации продолжительности поверхностной обработки почвы с одновременным внесением минеральных удобрений многофункциональным культиватором (МФК). В качестве МФК нами принят серийный стерневой культиватор КСУ-3 с приспособлением для внесения минеральных удобрений к трактору МТЗ-1221 тягового класса 2.

В расчетах принята ширина захвата культиватора 3 м, а для выбора оптимальной скорости агрегата использована тяговая характеристика трактора МТЗ-1221 при максимальном тяговом КПД.

Понятие функции «сумма затрат и потерь» известно. Это сумма затрат на производство выполняемых полевых работ (эксплуатационных затрат) и стоимости потерь урожая в связи с нарушением оптимальной продолжительности данных работ. Минимум функции определяет оптимальное значение продолжительности выполнения заданной работы. Поскольку предлагаемая обработка стерни предполагается перед зяблевой вспашкой, например, под кукурузу, то стоимость потерь будущего урожая зерна кукурузы будет связана с нарушением оптимальной продолжительности лущения стерни. Как известно, запаздывание со сроками обработки стерни зерновых колосовых культур на 2...3 дня снижает урожай культур следующего года на 1,5...2,5 ц/га [4].

С учетом изложенного, после преобразования функция затрат и потерь $C_{зп}$ для нашего случая имеет вид:

$$C_{зп} = \left[\frac{U_3 F^2}{14W_ч n} + z \Delta U 0,033 n^2 F \right],$$

где U_3 – эксплуатационные затраты на обработку почвы и внесение удобрений, руб./га; F – обрабатываемая площадь, га; $W_ч$ – производительность агрегата за 1 ч чистой работы, га/ч; n – продолжительность выполнения работы в днях; z – закупочная цена кукурузы, руб./т; ΔU – потери урожая из-за нарушения сроков, т/(га·день).

При моделировании задачи по минимальному значению целевой функции $C_{зп}$ находят оптимальную продолжительность n работы на лущении стерни многофункциональным стерневым культиватором с одновременным внесе-

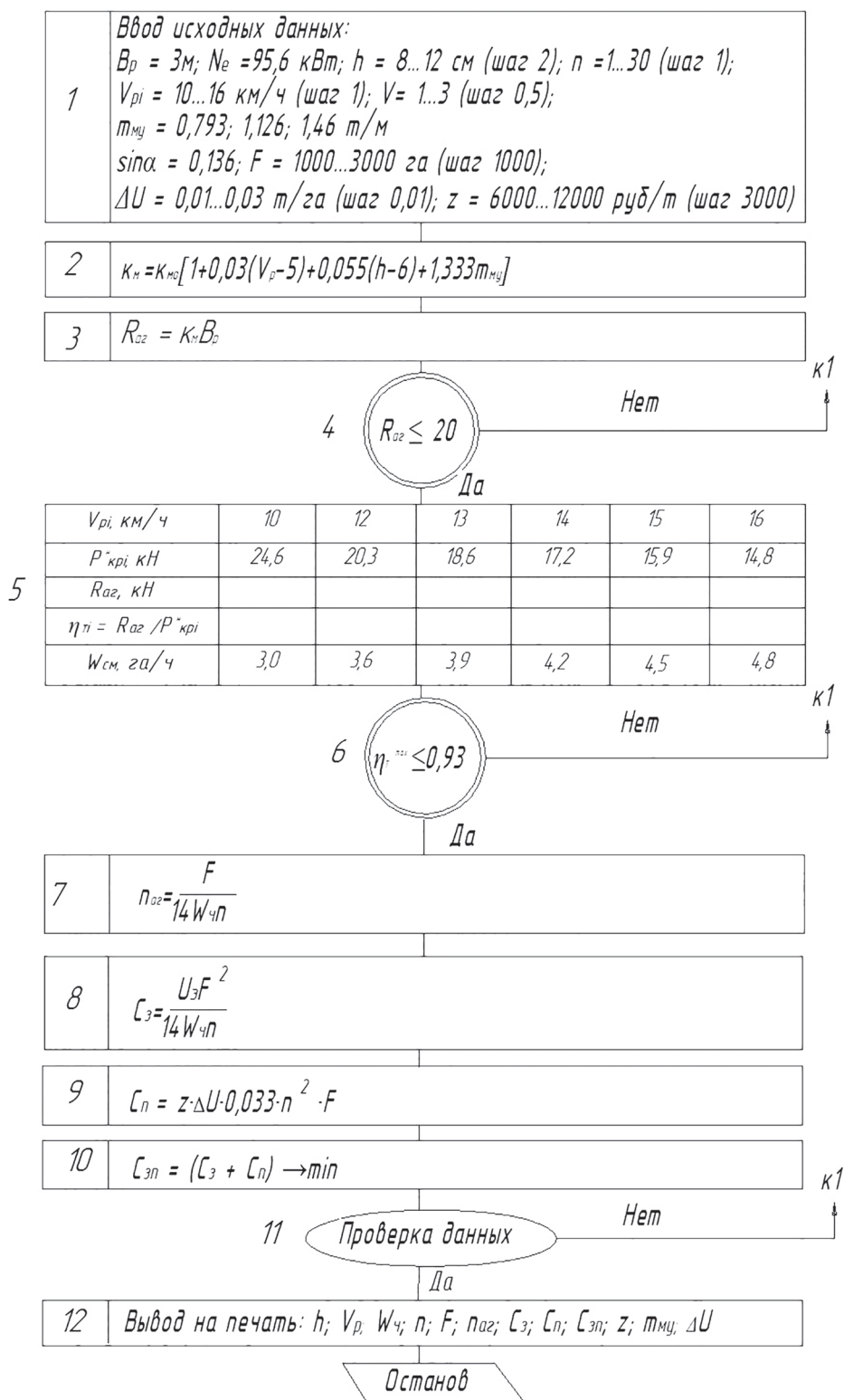


Рис. 2. Блок-схема алгоритма оптимизации параметров и режимов работы многофункционального агрегата

нием удобрений, количество $n_{ар}$ этих агрегатов, оптимальную стоимость затрат $C_з$ на выполнение работ, оптимальную стоимость потерь C_n , связанных с недобором урожая, учитывая заданную площадь F обработки, урожай U зерна и его закупочную цену z .

Результаты исследования и обсуждение

Зависимость функции затрат и потерь $C_{зп}$ представлена на рис. 3. Оптимальное ее значение приходится на 8-й день выполнения работ. Это означает, что за этот срок на площади

1000 га после уборки озимых культур должны быть внесены минеральные удобрения и заделаны в почву многофункциональным стерневым культиватором.

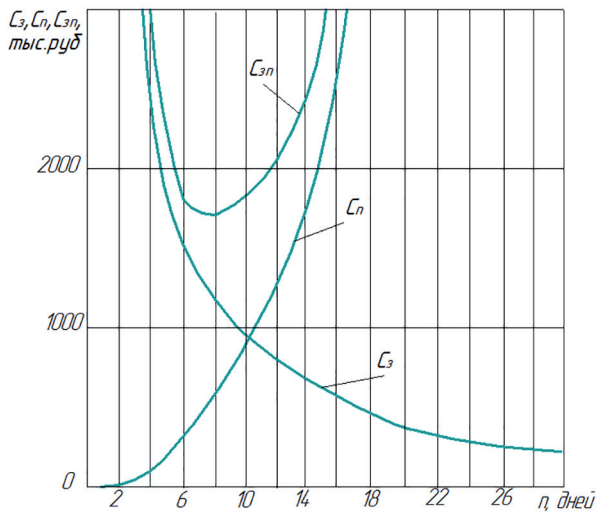


Рис. 3. Зависимость функции затрат и потерь от продолжительности поверхностной обработки почвы с одновременным внесением удобрений МФК

Характер изменения функции C_{3n} затрат и потерь экстремальный. Минимум ее находится над точкой с минимальным значением функции (рис. 3). Функция потерь C_n монотонно возрастает в зависимости от продолжительности n , а функция затрат C_3 убывает.

В табл. 1 представлены значения составляющих функции затрат и потерь в зависимости от продолжительности работ n .

В таблице приведены результаты расчетов для площади посевов $F = 1000$ га, недобора урожая $\Delta U = 0,03$ т/(га·день), закупочной цене зерна $z = 9000$ руб./т, часовой производительности агрегата $W_v = 4,2$ га/ч, часовом расходе топлива трактором МТЗ-1221 – 17,6 кг/ч и емкости бункера для удобрений $V = 1$ м³.

Минимум функции затрат и потерь при $n = 8$ дней составил $C_{3n} = 1722,6$ тыс. руб, максимум при $n = 1$ день $C_{3n} = 9228,9$ тыс. руб. и при $n = 30$ дней – $C_{3n} = 8328,1$ тыс. руб. Функция затрат C_3 , соответственно, составила: $C_{3\min} = 309,1$ тыс. руб; $C_{3\max} = 9220$ тыс. руб, а функция потерь C_n : минимум при $n = 1$ день – $C_n = 8,91$ тыс. руб; максимум при $n = 30$ дней – $C_n = 8019$ тыс. руб.

Однако главный эффект от стерневого многофункционального культиватора – это сохранение структуры почвы, снижение содержания в ней пылевидных частиц после обработки по сравнению с дисковыми орудиями. Кроме того, обеспечивается также экономия затрат за счет совмещения двух операций, рыхления почвы и внесения удобрений.

Характер изменения зависимости функции затрат и потерь C_{3n} многофункционального культиватора в представленной статье и полученной ранее по результатам уборки зерна в работе Г.Г. Маслова [5] имеет экстремальный характер и составляет восемь календарных дней.

Выводы

Обосновано эффективное применение многофункционального стерневого культиватора на поверхностной обработке почвы с одновременным внесением минеральных удобрений. На примере агрегата в составе трактора МТЗ-1221 с культиватором КСУ-3 и приспособлением для внесения минеральных удобрений с использованием функции затрат и потерь получена оптимальная продолжительность обработки стерни составляющая 8 дней. Функция затрат и потерь облегчает принятие решения при выборе альтернативных вариантов технологий и машин.

Таблица 1

Изменения стоимости затрат C_3 , потерь C_n и затрат и потерь C_{3n} от продолжительности выполнения работ

Продолжительность n выполнения работ, дней	Стоимость затрат C_3 , тыс. руб.	Стоимость потерь C_n , тыс. руб.	Стоимость затрат и потерь C_{3n} , тыс. руб.
1	9220	8,91	9228,9
5	1844	222,8	2066,8
10	921,9	891,0	1812,9
15	612,8	2004,8	2617,6
20	460,9	3564,0	4024,9
25	368,8	5568,8	5937,5
30	309,1	8019,0	8328,1
8	1152,4	570,2	1722,6

Литература

1. Найденнов А.С. и др. Минимализация обработки почвы в полевых оборотах Кубани // Труды КубГАУ. 2015. № 1 (52). С. 132.
2. Маслов Г.Г., Журий И.А. Экологически безопасный агрегат для поверхностной обработки почвы под озимую пшеницу с одновременным внесением азотных удобрений // Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК. Сборник материалов международной научно-технической конференции. Брянск: Изд-во Брянского ГАУ, 2016. С. 68–71.
3. Маслов Г.Г., Журий И.А. Перспективные составы машинно-тракторных агрегатов для совмещения операций // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 2. С. 47–51.
4. Жалнин Э.В., Савченко А.Н. Технологии уборки зерновых комбайновыми агрегатами. М.: Россельхозиздат, 1985. 22 с.
5. Маслов Г.Г. Оптимизация продолжительности уборки озимой пшеницы многофункциональным агрегатом // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 6. С. 48–51.

References

1. Najdenov A.S. i dr. Minimization of soil cultivation in the field of the Kuban. Trudy KubGAU. 2015. No 1 (52), pp. 132 (in Russ.).
2. Maslov G.G., ZHuriy I.A. Ecologically safe aggregate for surface treatment of soil for winter wheat with simultaneous application of nitrogen fertilizers. Problemy chnergoobespecheniya, avtomatizacii, informatizacii i prirodopol'zovaniya v APK. Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii [Problems of energy supply, automation, informatization and nature management in the agroindustrial complex. Collection of materials of the international scientific and technical conference]. Bryansk: Izd-vo Bryanskogo GAU Publ., 2016, pp. 68–71 (in Russ.).
3. Maslov G.G., ZHuriy I.A. Perspective formations of machine-tractor units for combining operations. Traktory i sel'hozmashiny. 2017. No 2, pp. 47–51 (in Russ.).
4. ZHalnin E.H.V., Savchenko A.N. Tekhnologii uborki zernovyh kombajnovymi agregatami [Technologies for harvesting grain by combine harvesters]. Moscow: Rossel'hozizdat Publ., 1985. 22 p.
5. Maslov G.G. Optimization of winter wheat harvesting by a multifunctional aggregate. Traktory i sel'hozmashiny. 2016. No 6, pp. 48–51 (in Russ.).