

УДК 339.54.012

Ри Гён Нам, Ким Ён Чол, преподаватель, Кафедра сельскохозяйственной техники Саривонский Сельскохозяйственный колледж Имени Ке ун Сана, КНДР

Ким Хьён Хо, преподаватель, Кафедра растениеводства Саривонский Сельскохозяйственный колледж Имени Ке ун Санга, КНДР

ИССЛЕДОВАНИЕ МАШИНЫ ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОЙ ВСПАШКИ И БОРОЗДОВАНИЯ ПОЧВЫ НА МАЛОМОЩНЫХ ТРАКТОРАХ

1. Аннотация

Широкое внедрение энергосберегающих методов ведения сельского хозяйства в сельскохозяйственном производстве становится глобальной тенденцией.

Важно, чтобы все разрабатывали методы ведения сельского хозяйства и управления, которые максимально повышают эффективность, не разрушая при этом экологическую среду.

Большинство полей в нашей стране находится на склонах среднегорной зоны, и в условиях неплодородной почвы важно создать благоприятные условия для развития корневой системы и роста растений.

Кроме того, поскольку топлива требуется очень мало, задача одновременного выполнения нескольких рабочих процессов за один проход становится крайне важной.

Предложена разумная конструкция, которая может гарантировать рабочую ширину 2,1 м и глубину 20 см с маломощным трактором «Cheonlima 28».

Проведено теоретическое исследование по компоновке и конструкции рабочего органа, соответствующего характеристикам плуга для

малогобаритного трактора, установлены угол установки и ширина режущего лезвия.

На основе анализа влияния колонны на тяговое сопротивление определена форма колонны и оценена экономическая эффективность машины.

1 . Annotation

The widespread adoption of energy-saving farming methods in agricultural production is becoming a global trend.

It is important for everyone to develop farming and management methods that maximize effectiveness without destroying the ecological environment.

Most of the fields in our country are on the slopes of the mid-mountainous region, and in this barren soil condition, it is important to create conditions favorable for the root development and growth of plants.

Additionally, because the fuel is very little, the task of performing multiple work processes simultaneously in one pass is very necessary.

A reasonable structure was proposed that can guarantee a working width of 2.1 m and a depth of 20 cm with the low-power tractor 《Cheonlima 28》 .

We conducted a theoretical study on the arrangement and structure of the working body suitable for the characteristics of a plow for small tractor and established the installation angle and width of the cutting blade.

The column shape was determined based on the analysis of the effect of the column on the traction resistance, and the economic effectiveness of the machine was evaluated.

Ключевые слова: плуги, боронующие машины, защита окружающей среды, маломощные тракторы

Keyword: plows, harrows, environmental protection, low-power tractors

2. Введение

Вскапывание плугом — это работа по вскапыванию и рыхлению слоя почвы на глубину от 30 до 40 см.

Копаящий плуг был впервые разработан в конце XIX века и начал использоваться в сельскохозяйственном производстве в начале XX века.

В нашей стране плуг-копатель широко используется для улучшения почвы на территориях с твердой почвой и плохой водопроницаемостью примерно с 1960 года и в настоящее время широко применяется как важный инструмент для выполнения не только работ по улучшению земли, но и общих работ по управлению почвой.

Весенняя подготовка почвы к посеву кукурузы требует быстрого прогрева почвы, достаточной аэрации для прорастания семян и сохранения влаги в почве [3].

Необходимо избегать образования комков во время обработки и чрезмерного уплотнения почвы [1].

Уплотнение почвы, вызванное сельскохозяйственной техникой, является одним из наиболее значимых факторов, вызывающих физическую деградацию почвы, что существенно влияет на производство сельскохозяйственных культур и окружающую среду [2]. Снижение проницаемости и скорости инфильтрации увеличивает сток и эрозию, снижает урожайность, уменьшает влагосохранение и делает растения уязвимыми к временному стрессу засухи [5]. Приёмы, минимизирующие эрозию и сохраняющие структуру почвы, способствуют более равномерному посеву и повышению всхожести [6].

При одинаковой глубине обработки отвальная вспашка существенно влияет на нагрузку на трактор и его производительность в различных условиях [4].

В частности, плуг-копатель очень эффективен для разрыхления затвердевшего слоя почвы, образовавшегося за длительный период обработки почвы, что позволяет корням сельскохозяйственных культур лучше распространяться.

В настоящее время плуг не только широко используется для улучшения почвы, но и используется как основное средство обработки почвы, как самостоятельно, так и в сочетании с другими орудиями, такими как культиватор или бороздник.

3. Рациональный выбор конструкции сельскохозяйственной техники для обработки гребней.

3.1 Теоретические соображения

В сельскохозяйственной технике для обработки гребней размещение копающих ножей должно обеспечивать высокое качество работы при минимальном потреблении энергии.

Расположение копающих ножей может быть однорядным, двухрядным, трёхрядным и стреловидным. (Рисунок 1)

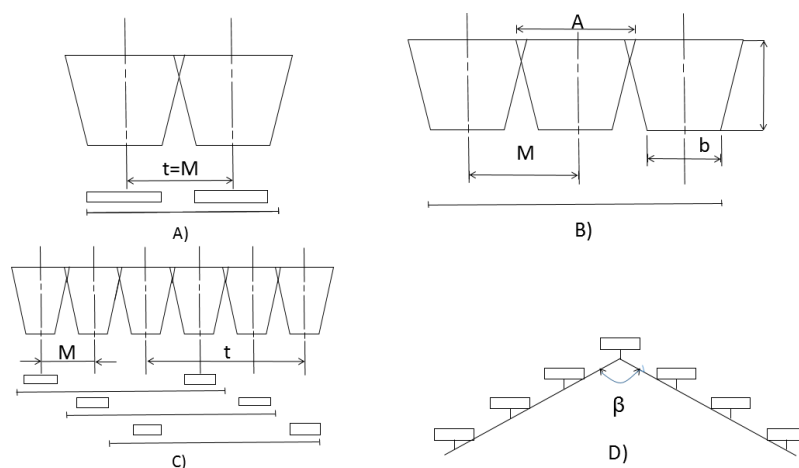


Рисунок 1. Расположение копающих ножей

① При расположении копающих ножей в один ряд.

При этом для равномерной обработки всей поверхности и улучшения проходимости почвы необходимо соблюдать соотношение $t=M=A$.

Здесь $A=2a+b$,

Поэтому $t=M=2a+b$

t- Расстояние между лезвиями в ряду

M- Расстояние между рядами

a- Глубина действия

b- Рабочая ширина

Как правило, t не следует делать слишком маленьким.

② При расположении лезвий в два ряда.

Условие $t > A$ должно быть достаточно гарантировано, а M должно быть меньше A .

$$M \geq P, A \geq P(2a+b)$$

P - коэффициент (0.5~0.6)

③ При расположении лезвий в три ряда

При расположении ножей в три ряда увеличивается расстояние между ножами и расстояние между рядами, и даже при уменьшении расстояния между рядами работа выполняется без запутывания почвы и мусора.

Однако если режущие лезвия расположены в три ряда, ухудшается безопасность прохода машины, машина становится длиннее, увеличивая ее массу.

④ Когда лезвия размещены в рамке стреловидной формы с углом β в направлении вперед машины

В это время расстояние между рамами может быть увеличено по отношению к рабочей ширине.

В стреловидной раме угол наклона рамы β составляет от 84° до 106° при рабочей глубине 25 см и расстоянии между рядами $M = 25$ см, а при расстоянии между рядами 35 см его целесообразно установить от 96° до 110° .

Расположение лезвий в плуге можно обоснованно определить в соответствии с предназначением машины и особенностями ее использования на основе изложенного выше.

3.2. Выбор рациональной конструкции плуга-бороздодела

Нами было проанализировано расположение указанных выше ножей и выбрано следующее расположение рабочих органов плуга-бороздодела.

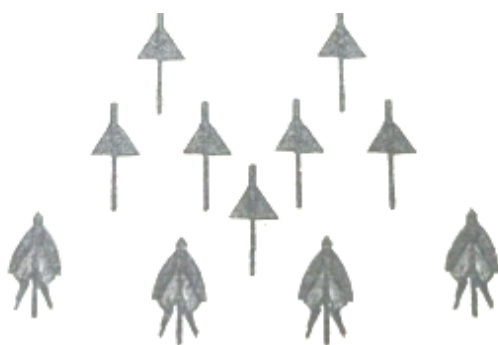


Рис.2. Принципиальная схема расположения рабочих органов

Как показано на рисунке 2, плуг-бороздорез выполнен по трехрядной и стреловидной схеме, что позволяет работать с меньшей нагрузкой и без запутывания почвы и сорняков.

При работе машины две рабочие части, установленные в передней части рамы с интервалом 90 см, сначала поднимают сырую почву и выдвигаются, а затем четыре рабочие части, расположенные сзади на расстоянии 45 см, поднимают полуоткрытую ровную поверхность.

Рабочая часть, расположенная по центру задней части, приподнимает открытую плоскость с обеих сторон.

Четыре рабочих органа гребнеобразователя формируют гребни путем переворачивания уже измельченной почвы.

Два центрально расположенных гребнеобразующих блока смещены относительно двух симметрично расположенных гребнеобразующих блоков на обоих концах, что улучшает проникновение в почву.

3.3. Теоретические соображения о рабочих частях

При установке нижней точки тяги под основным корпусом и рабочей части перед основным корпусом повышается устойчивость машины и уменьшается сопротивление тяге машины.

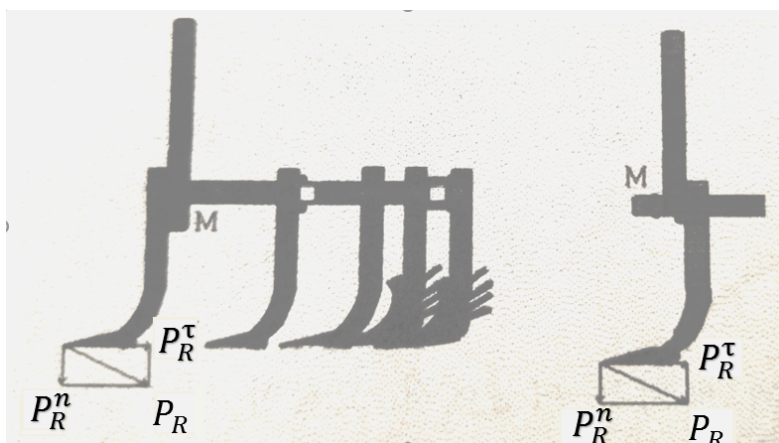


Рисунок 3. Соотношение сил между нижней тяговой точкой М машины и рабочими органами.

Как видно на рисунке 3, в случае а центр тяжести смещается вперед на 200 мм по сравнению со случаем б). Это происходит потому, что значение момента вертикальной составляющей P_R^v сопротивления грунта P_R относительно нижней точки сопротивления М увеличивается на $0,25P_R^h$.

С увеличением этого значения увеличивается сцепление задних колес трактора с дорогой.

Момент относительно точки М вертикальной составляющей силы сопротивления кузова сзади действует в противоположном направлении, уменьшая сцепление передних колес трактора с дорогой.

Другими словами, это моменты, которые приподнимают передние колеса.

Таким образом, по мере смещения центра масс вперед величина момента уменьшается, что улучшает тяговые характеристики трактора.

Характерной особенностью плуга-копателя является угол его проникновения в почву.

Деформация грунта вследствие вдавливающего действия лезвия копающего инструмента происходит тогда, когда объемная деформация грунта, возникающая в результате предельного вдавливающего действия лезвия копающего инструмента на грунт на определенной глубине, достигает допустимого значения.

Следовательно

$\varepsilon_v \geq [\varepsilon]$, ε_v - Коэффициент объемной деформации грунта

ε - Допустимый коэффициент объемной деформации грунта

ε_v обозначается следующим образом:

$$\varepsilon_v = \frac{V_p}{V_d}, \quad \varepsilon_v = \frac{S_p}{S_d}$$

V_p , S_p - Объем и площадь поперечного сечения грунта, сжатого лезвием ковша

V_d , S_d - Объем и площадь поперечного сечения трещиноватого грунта

Площадь S_d разрушенной под действием лезвия излома поверхности равна.

$$S_d = bh + \frac{1}{2}(B + h)h_d = bh + h_d^2 \cot \varphi_y$$

b - Ширина копающего отвала

B - высота копания

h_p - высота нажатия

h_d - разрушенная высота

d - глубина копания

φ_y - Угол бокового разрушения

Как видно из вышеизложенного, ширина разрыва, образуемого лезвием экскаватора, связана с его конструктивными показателями, такими как ширина лезвия, угол установки, глубина выемки и состояние грунта.

В ходе эксплуатационных испытаний угол установки ковша был установлен на уровне 25° , а ширина - на уровне 5 см.

В этом случае сопротивление движению снижается на 42,9% по сравнению с шириной отвала 3 см.

Результаты проверки влияния формы колонны на сопротивление тяге приведены ниже.

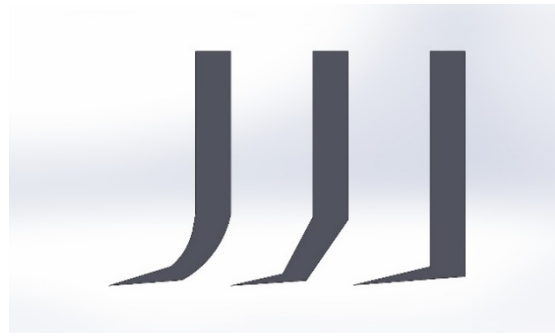


Рисунок 4. Форма колонны

Таблица 1. Сопротивление движению по типу колонны в зависимости от изменения l

l (cm)	10	15	23
Форма колонны			
Перпендикуляр	9.154	7.140	6.359
45°	7.365	6.536	6.147
60°	8.042	6.898	6.250
R=65cm	7.619	6.786	6.165

$$l = l_b \sin \alpha, l_b \geq \frac{h_p}{\sin \alpha}$$

Как видно из таблицы, сопротивление движению в зависимости от типа колонны существенно различалось при $l=10$ и $l=15$, но не имело существенного влияния при $l=23$.

3.4 Выбор конструкции рабочих органов

Мы установили расстояние от переднего конца долота $l=23$ см и выбрали форму стойки с наименьшим сопротивлением, установив радиус кривизны $R=25$ см при наклоне в 45 градусов с наименьшим сопротивлением.

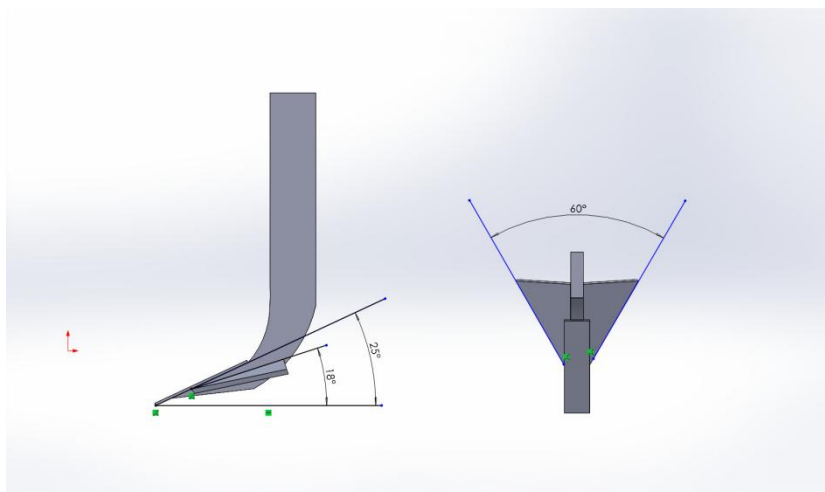


Рисунок 5. Конструкция копающих лезвий

Как показано на рисунке, радиус кривизны колонны был установлен на уровне $R=25\text{cm}$, угол наклона долота был установлен на уровне $\alpha = 25^\circ$, а угол наклона бокового лезвия был установлен на уровне 18° .

Бороздообразующие плуги располагались в три ряда зигзагом.

Борозды, образовавшиеся в ходе его работы, следующие:

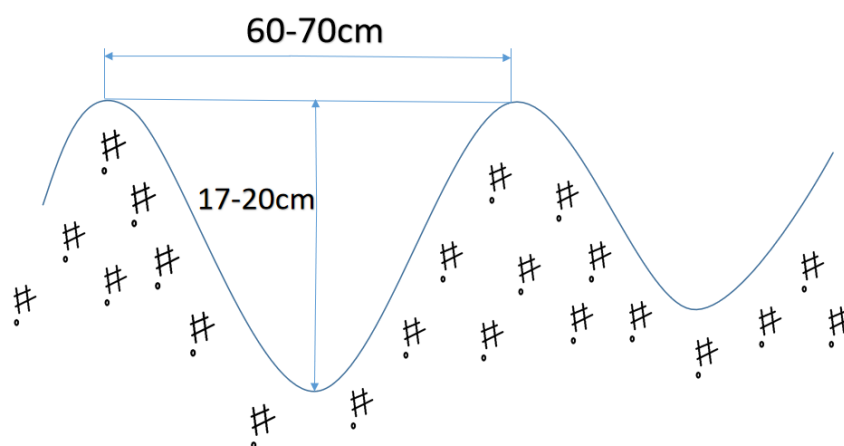


Рисунок 6. Бороздообразующая структура

4. Технические характеристики плуга-кормоуборщика для маломощных тракторов

Внешние размеры(длина*ширина*высота, mm)	870*2400*1200
Плуг-копатель (количество)	7
бороздящий плуг(количество)	4
Производительность	1~1.2

Расход топлива(kg/ha) 7~9

Масса(kg) 270

Заключение

При вспашке не возникает дополнительного сжатия почвы колесами трактора.

За счет сокращения количества рейсов трактора в поле повышается коэффициент использования оборудования и продлевается срок его службы.

Расход топлива на гектар составляет 8 кг на рисовых чеках и 6-8 кг на сухих полях.

Ссылка

[1] MALEŘ, J. 1996 Grain storage. 1st edition. Prague: Institute of Education Ministry of Agriculture of the Czech Republic, 1996b, 58 s. Mechanizace. ISBN 80-710-5113-6

[2] Filipović, D., Husnjak, S., Košutić, S., Gospodarić, Z., Kovačev, I., & Čopec, K. (2011). Impact of the repeated tractor passes on some physical properties of silty loam soil. POLJOPRIVREDA, 17(2): 43- 48

[3] FINDURA, P. - ŠINDELKOVÁ, I. - RUSINEK, R. - KARAMI, H. - GANCARZ, M., 2022. Determination of the influence of biostimulants on soil properties and field crop yields. In International agrophysics. 36, 1 (2022), s. 83--91. ISSN 0236- 8722.

[4][Ma, X, Wang, X, Wan, C, Guo, G, Zhao, J, Zhang, Q](#) PloS one. 2025. **Performance analysis of mouldboard plough body with raised elements and frame based on numerical simulation.** 2025 Sep 11;20(9):e0331839.

doi: 10.1371/journal.pone.0331839. eCollection 2025

[5] Esser, K .B. (2016). Hardpan and maize root distribution under conservation and conventional tillage in agro-ecological zone IIa, Zambia. African Crop Science Journal, 24(3): 267-287.

[6] Furlani C. E., Bertonha R. S., Vicente Filho A. S., Compagnon A. M., Cassia M. T. (2016). Energy demand of furrow openers and corn yield according to

the soil disturbance in no till system. African Journal of Agricultural Research, 11(17): 1538-1542.