

УДК 631.312.024:631.51.01:631.512

UDC 631.312.024:631.51.01:631.512

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

КОМБИНИРОВАННЫЙ СПОСОБ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И СРАВНИТЕЛЬНАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ**COMBINED PRIMARY TILLAGE AND COMPARATIVE ENERGY EVALUATION OF DIFFERENT TECHNOLOGICAL PROCESSES OF SOIL TREATMENT**

Жученко Александр Васильевич
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код=3708-1757
E-mail:alex.zuch@mail.ru

Zhuchenko Alexander Vasilevich
Cand.Tech.Sci., assistant professor
RSCI SPIN-code = 3708-1757
E-mail: alex.zuch@mail.ru

Оберемок Виктор Алексеевич
к.т.н., доцент
РИНЦ SPIN-код=6469-6072
E-mail:Oberemok56@yandex.ru

Oberemok Victor Alekseevich
Cand.Tech.Sci., assistant professor
RSCI SPIN-code = 6469-6072
E-mail: Oberemok56@yandex.ru

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» г. Зерноград Ростовской области, Россия

Azov-Black Sea engineering institute of the Don state agrarian university, Zernograd, Rostov region, Russian Federation

Вспашка является основным и наиболее энергоёмким способом основной обработки почвы. Разработка и внедрение в производство энергосберегающих способов основной обработки почвы представляет большой научный и практический интерес. В АЧИИ разработаны комбинированный способ обработки почвы и орудие с использованием леворежущих ножей, предназначенных для обработки нижних слоёв почвы. В орудии реализована послынная обработка почвы, обеспечивающая отвальную мелкую (12...18 см) и безотвальную мелкую (12...18 см) обработку почвы с подрезанием и смещением нижнего пласта почвы в сторону дневной поверхности. Установка леворежущих ножей предназначена для снижения энергоёмкости технологического процесса за счёт уменьшения массы почвы, обрабатываемой плужным корпусом. Целью настоящей работы являлась сравнительная энергетическая оценка трёх способов обработки почвы: – вспашка почвы без предплужников; – вспашка почвы с предплужниками у стенки борозды; – вспашка почвы орудием с леворежущими ножами. Исследования проводились с помощью графического моделирования перемещения центра тяжести пласта почвы. Оценка энергоёмкости технологического процесса проводилась по величине мощности, затрачиваемой на перемещение центра тяжести обрабатываемого пласта почвы при разных глубинах обработки. Результаты исследований показали, что для первых двух способов вспашки изменение суммарной величины перемещения центра тяжести пласта почвы колеблется в пределах 0,43...0,67 м, для комбинированного орудия аналогичный показатель составляет 0,37...0,55 м. Наибольшая энергоёмкость процесса также выше для первых двух способов обработки почвы. Мощность, затрачиваемая на перемещение центра тяже-

Plowing is the main and most energy-intensive way of primary tillage. The development and the introduction of the energy-saving ways of the primary tillage are of great scientific and practical interest. In the Azov-Black Engineering Institute, we have developed a combined method of the tillage and a tool using left-hand blades designed to handle the lower layers of the soil. The tool is designed for a layered tillage providing moldboard shallow and mouldboardless shallow (12 ... 18 cm) subsurface tillage using the cropping and the offset of the lower layer of soil in the direction of the daylight surface. The installation of the left-hand blades is designed to decrease the energy intensity of the technological process by reducing the weight of soil treated by the plow body. The aim of this study is to compare the energy assessment of the three ways of the tillage: - Plowing without skimmers; - Plowing with coulters being at the wall of the furrow; - Plowing with a left-hand blades tool. The study has been carried out using a graphical simulation of the shifting of the center of gravity of the soil layer. The assessment of the energy intensity of the technological process has been carried out by the capacity value consumed to shift the center of gravity of the treated layer of soil at the different depths of the tillage. The results of the study have showed that the change of the total quantity of the shifting of the center of gravity of the treated soil layer ranges from 0.43 ... to 0.67 m in respect of the two first-mentioned ways of plowing, while the same index in respect of the combined tool ranges from 0.37 ...to 0.55 m. The maximum power consumption of the process is also higher in respect of the two first-mentioned ways of the tillage. The power required to shift the center of gravity of the treated layer in respect of both ways ranges from 0.6 ... to 2.0 kW. , while the same index

сти обрабатываемого пласта, для обоих способов изменяется в пределах 0,6...2,0 кВт. Для комбинированного способа обработки почвы аналогичный показатель составляет 0,3...0,9 кВт.

in respect of the combined method of tillage ranges from 0.3 ... to 0.9 kW

Ключевые слова: ОБРАБОТКА ПОЧВЫ, СПОСОБ ОБРАБОТКИ, ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕЕ ОРУДИЕ, КОМБИНИРОВАННОЕ ОРУДИЕ, ЛЕВОРЕЖУЩИЙ НОЖ, ПЛАСТ ПОЧВЫ, ЭНЕРГОЁМКОСТЬ

Keywords: TILLAGE, WAY OF TILLAGE, TILLAGE TOOL, COMBINED TOOL, LEFT-HAND BLADE, SOIL LAYER, ENERGY INTENSITY

В связи с высокими ценами на горюче-смазочные материалы остро встают вопросы снижения энергоёмкости технологических процессов обработки почвы. Решение этой задачи осуществляется по трём направлениям:

- повышение эффективности работы мобильных энергетических средств МТА [1,2];
- совершенствование конструкций рабочих машин и орудий [3,4];
- разработка принципиально новых технологий обработки почвы [5,6].

Плужная обработка почвы была и остаётся на ближайшую перспективу основным способом вспашки, на который затрачивается до 40% энергии, расходуемой в агропромышленном комплексе.

Однако обработка почв плугами сопровождается значительным их разворотом в сторону поля, что приводит к необоснованному увеличению рабочей ширины захвата, нарушению геометрии рабочих органов и снижению качества обработки почвы.

При этом тяговое сопротивление плугов существенно возрастает, полевые доски плужных корпусов оказываются излишне нагруженными, на их опорных поверхностях возникает значительная сила трения, для преодоления которой затрачивается до 17% общей величины тягового сопротивления плуга.

Поэтому разработка и создание почвообрабатывающих машин и орудий, снижающих энергоёмкость основной обработки почвы, в

настоящее время является актуальными.

Наиболее полную структурную схему возможных путей и способов снижения энергоёмкости обработки почвы разработал В.А. Сакун [5].

Анализ структурной схемы (рис. 1) возможных путей и конструктивных решений снижения энергоёмкости обработки почвы, предложенной им, показывает, что ни одно из направлений пока не получило широкого практического применения.

В структурную схему возможных путей и способов снижения энергоёмкости обработки почвы, разработанной В.А. Сакун, сотрудниками АЧИИ включено технологическое звено: новые технологические принципы воздействия рабочих органов на почвенный пласт, выделенные пунктирной линией.

Это технологическое звено содержит несколько групп, и одно из них - послойная обработка почвы, которая может осуществляться различными способами, предусматривающими комбинацию различных рабочих органов в одном орудии.

Следует отметить, что наряду с конструктивными решениями возможны и технологические пути снижения энергоёмкости процесса основной обработки почвы. Один из таких способов - комбинированный, который заключается в сочетании и использовании технологических процессов отвального и безотвального способа воздействия на почвенный пласт.

На основе анализа применяемых в настоящее время технологических процессов послойной обработки почвы, предложен комбинированный способ обработки почвы (рис. 2) и разработано орудие [3] с использованием леворежущих ножей, предназначенных в качестве основных рабочих органов для обработки нижних слоев почвы и работающих в сочетании с плужными корпусами.

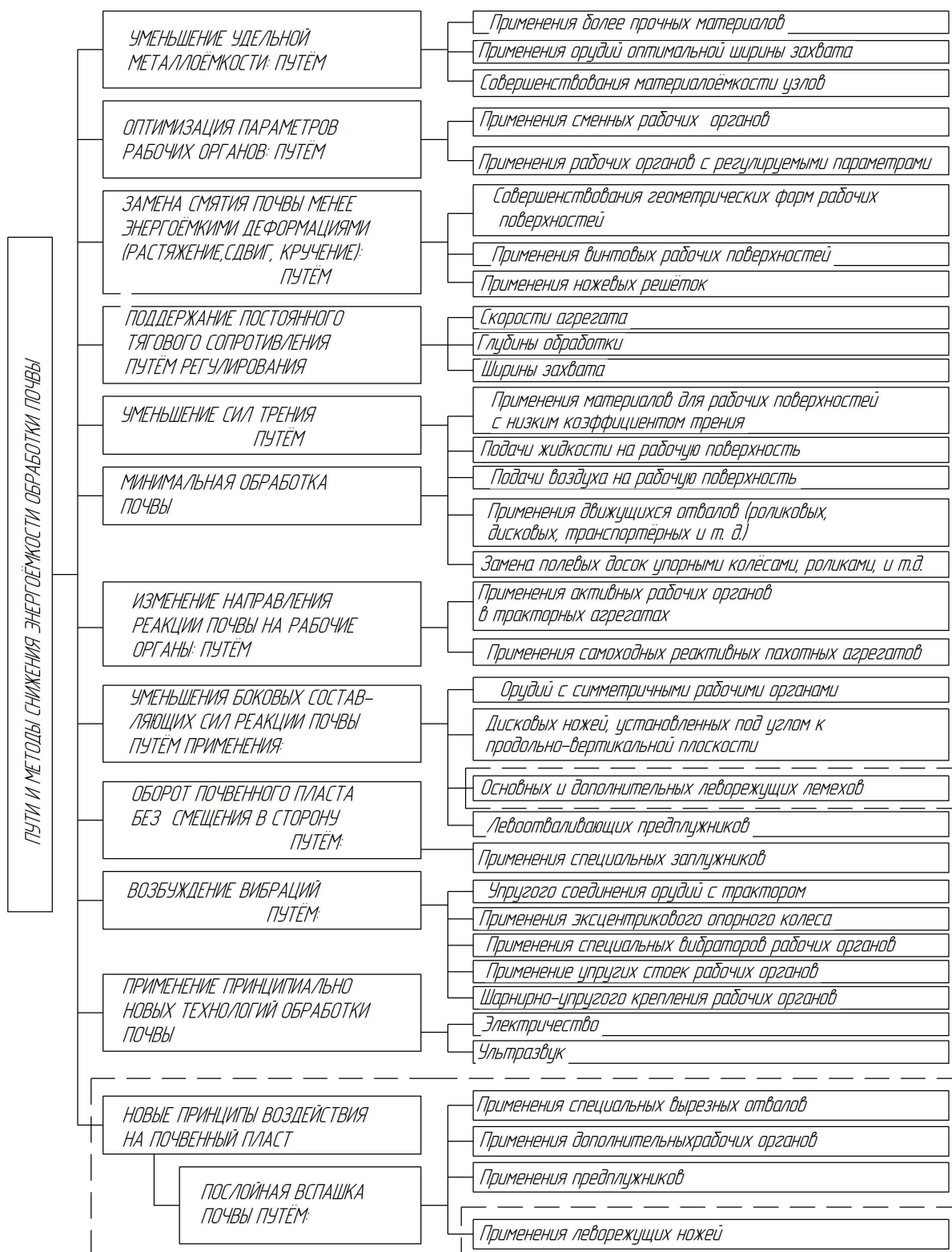


Рисунок 1 - Структурная схема возможных путей и способов снижения энергоёмкости обработки почвы, дополненная подгруппой послышной обработки почвы с использованием леворежущих ножей.

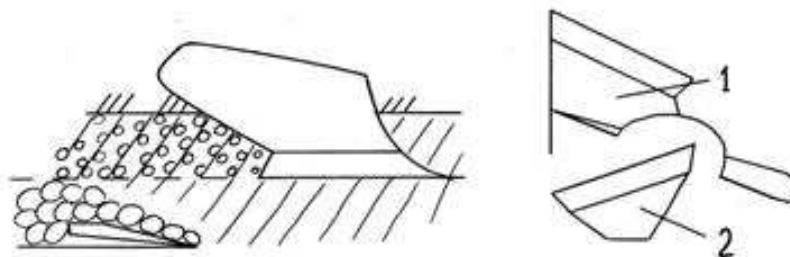


Рисунок 2 - Взаимное расположение рабочих органов комбинированного почвообрабатывающего орудия:

1- плужный корпус; 2 – леворежущий нож.

Предлагаемый прием включает две технологические операции, в которых реализован процесс воздействия на почву определенными рабочими органами в целях создания оптимальных условий для роста растений и физико-механических свойств почвы.

Суть данного способа заключается в том, что в орудии реализована послойная обработка почвы, обеспечивающая отвальную мелкую (12...18 см) вспашку и безотвальную мелкую (12...18 см) обработку почвы с подрезанием и смещением нижнего пласта почвы в сторону дневной поверхности (открытый способ резания грунта).

Предлагаемый способ обработки почвы полностью отвечает рекомендациям почетного академика ВАСХНИЛ Т.С. Мальцева: «Землю надо обрабатывать так, чтобы плодородный слой почвы оставался на своем месте. Надо научиться обработкой создавать в почве такие условия, чтобы росли и урожаи, и почвенное плодородие, чтобы почвы у нас не истощались, а обогащались за счет удобрений и за счет остатков растений. Достичь этого, на мой взгляд, было бы легче, если не перечить природе, не запахивать верхний слой почвы» [6].

Установка леворежущих ножей при осуществлении обработки почвы комбинированным орудием предназначена предотвращать разворот орудия в сторону увеличения ширины захвата, а, следовательно, сохранять требуемые геометрические параметры плужных корпусов для обеспечения

необходимых показателей качества обработки почвы; препятствовать чрезмерному нагружению полевых досок плужных корпусов и появлению значительных сил трения, на преодоление которых затрачивается значительная часть энергии. Использование принципа послойной обработки позволит снизить энергоемкость процесса за счет уменьшения массы почвы, обрабатываемой плужным корпусом [4].

Предлагаемый способ основной обработки почвы позволяет обеспечить сочетание преимуществ отвального и безотвального способов обработки почвы, получать стабильные высокие урожаи озимых культур на почвах с недостаточным увлажнением и существенно снизить энергоемкость процесса основной обработки почвы.

Известно, что плужной корпус, непосредственно взаимодействуя с почвенным пластом, не только подрезает, оборачивает и крошит его, но и поднимает пласт почвы над дном борозды и смещает его в поперечном направлении.

Как отмечал академик В.П. Горячкин, с технологической точки зрения, подъем пласта и его смещение бесполезны, а с энергетической даже вредны, так как требуют дополнительных затрат энергии.

Следовательно, об энергоемкости процесса обработки почвы можно судить по величине перемещения центра тяжести пласта почвы, как по вертикали, так и по горизонтали.

В таком случае, из сравниваемых способов обработки почвы менее энергоемким будет считаться тот, у которого перемещения центра тяжести пласта почвы будут минимальными.

Для оценки энергоемкости различных способов обработки произведён расчет величины перемещений центра тяжести пласта почвы. Сравнительная оценка проводилась для трех способов обработки почвы:

- вспашка почвы без предплужников (рис. 3);
- вспашка почвы с предплужниками у стенки борозды,

характеризуемая как менее энергоемкая (рис. 4);

- предлагаемый комбинированный способ обработки почвы (рис. 5).

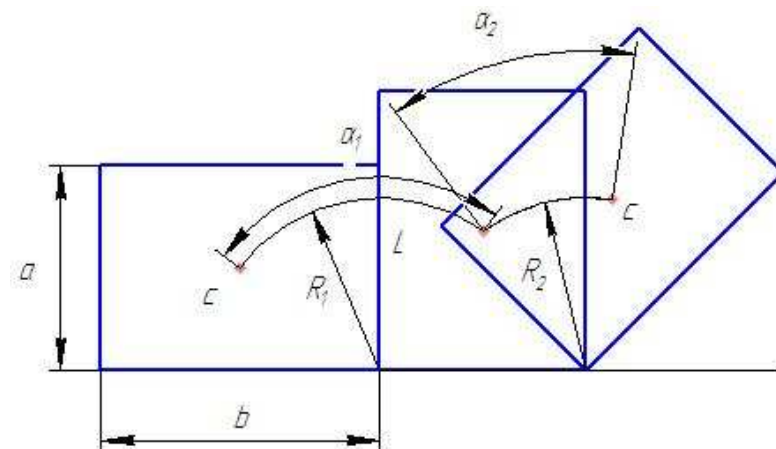


Рисунок 3 - Схема для определения е перемещения центра тяжести пласта почвы при вспашке без предплужников:

a – глубина обработки почвы, м.; b - ширина захвата плужного корпуса, м.; c - центр тяжести пласта почвы, срезаемого плужным корпусом; R – радиус дуги, описываемой при перемещении центра тяжести срезаемого пласта почвы; L – траектория перемещения центра тяжести пласта почвы.

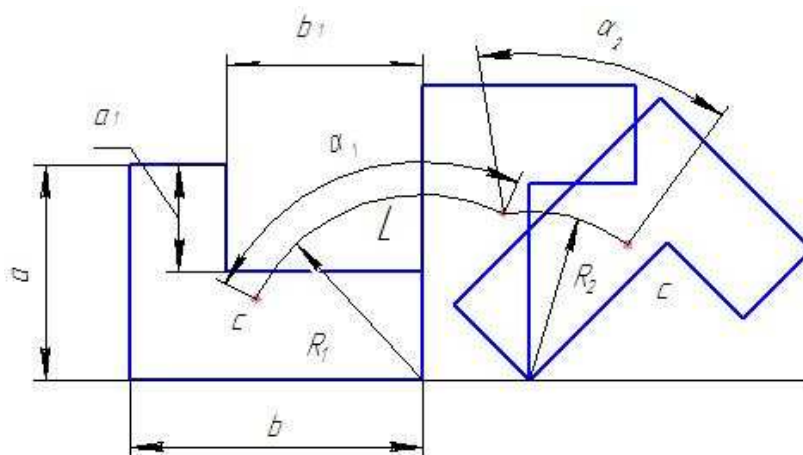


Рисунок 4 - Схема для определения перемещение центра тяжести пласта почвы, срезаемого плужным корпусом при вспашке с предплужником у стенки борозды:

L – траектория перемещение центра тяжести пласта почвы плужного корпуса, м.; a - глубина обработки почвы, м.; b – глубина захвата плужного корпуса, м; a_1 - глубина хода предплужника, м.; b_1 – ширина

захвата предплужника, м.; c – центр тяжести пласта почвы, срезаемого предплужником.

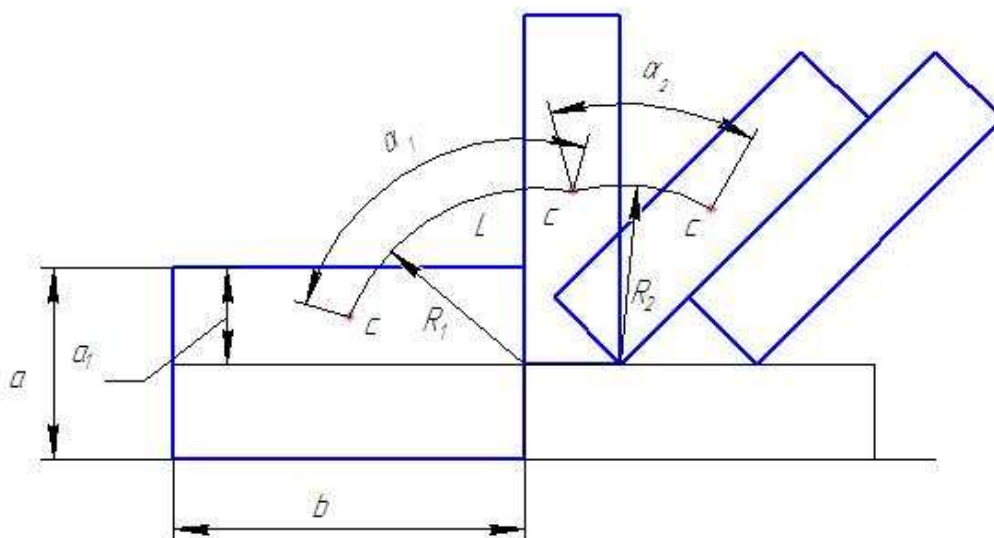


Рисунок 5 - Схема для определение перемещения центра тяжести пласта почвы при комбинированном способе обработки:

a – глубина обработки почвы, м.; a_1 – глубина хода плужного корпуса, м; b - ширина захвата плужного корпуса и леворежущего ножа, м.; c - центр тяжести пласта почвы, срезаемого плужным корпусом, R – радиус дуги, описываемой при перемещении центра тяжести срезаемого пласта почвы; L – траектория перемещения центра тяжести пласта почвы.

Схема для определения величины перемещения центра тяжести пласта почвы, вырезаемого предплужником представлена на рисунке 6.

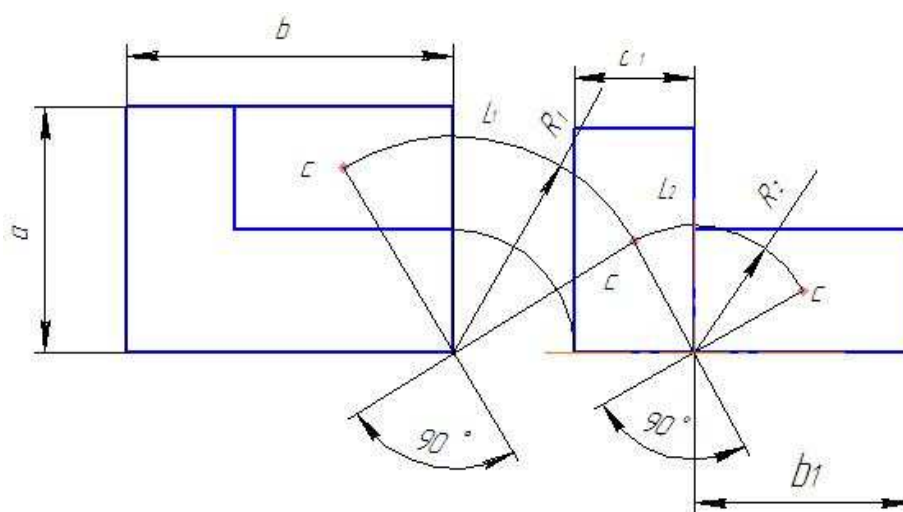


Рисунок 6 - Схема для определения величины перемещения центра

тяжести пласта почвы, вырезаемого предплужником:

R_1, R_2 - радиусы перемещения центра тяжести пласта почвы соответственно от среза до укладки на дневную поверхность, м.

Величину перемещения центра тяжести пласта почвы у сравниваемых способов обработки почвы определим из выражения:

$$L = \frac{\pi \cdot R_1}{180} \cdot \alpha_1 + \frac{\pi \cdot R_2}{180} \alpha_2 = \frac{\pi \cdot R}{180 \cdot (\alpha_1 + \alpha_2)}, \text{ м}$$

где R_1 - радиус перемещения центра тяжести пласта почвы из горизонтального до постановки его в вертикальное положение, м;

α_1 - угол поворота центра тяжести пласта при его первом перемещении;

R_2 - радиус перемещения центра тяжести пласта почвы при его укладке на дневную поверхность, м.;

α_2 - угол поворота центра тяжести пласта почвы при его укладке на дневную поверхность.

Величину перемещения центра тяжести пласта почвы предплужника определяем выражением:

$$L = \frac{\pi \cdot R_1}{180} \cdot \alpha_1 + \frac{\pi \cdot R_2}{180} \alpha_2 = \frac{\pi}{2 \cdot (R_1 + R_2)}, \text{ м}$$

Для проведения необходимых расчетов задаемся изменением глубины обработки почвы для всех способов обработки: $a = 0,22 \dots 0,3$ м., для предплужника $a_1 = 1/2a$; изменением ширины захвата плужных рабочих органов в диапазоне $b = 0,3 \dots 0,45$ м., для предплужника $b_1 = 2/3b$.

Для проведения энергетической оценки сравниваемых способов обработки почвы воспользуемся выражением:

$$\mathcal{E} = L \cdot V \cdot g \cdot \rho, \text{ Вт}$$

где V - объем перемещаемой почвы, м³;

g - ускорение свободного падения, м/с²;

ρ - удельный вес почвы, кг/м³.

Объем перемещаемой в единицу времени почвы определяем выражением:

$$V = v \cdot a \cdot b, \text{ м}^3/\text{с}$$

где v - скорость перемещения орудия, м/с;

a – глубина обработки почвы, м;

b – ширина захвата рабочего органа, м.

Для выполнения необходимых расчетов принимаем:

$$v = 2,2 \text{ м/с}; g = 9,81 \text{ м/с}^2; \rho = 1000 \text{ кг/м}^3.$$

Результаты расчетов величин перемещения центра тяжести пласта почвы при вспашке без предплужников приведены в таблице 1, затраты энергии на перемещение пласта почвы представлены на рисунке 7.

Таблица 1 – Величина перемещения центра тяжести пласта почвы при вспашке без предплужников, м

Ширина захвата корпуса, м	Глубина обработки почвы, м				
	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30
0,30	0,438	0,452	0,466	0,481	0,499
0,35	0,487	0,499	0,512	0,525	0,543
0,40	0,537	0,547	0,558	0,575	0,588
0,45	0,598	0,597	0,611	0,622	0,634

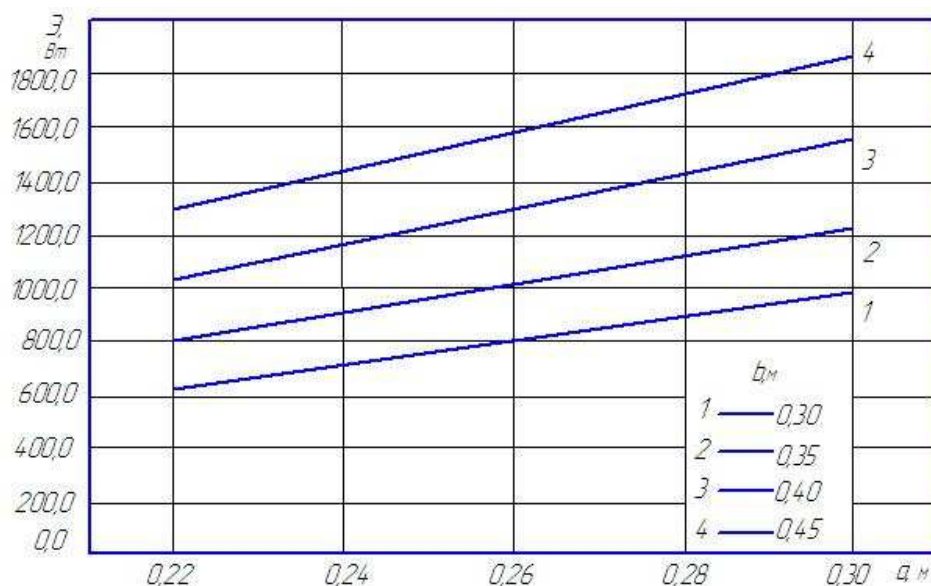


Рисунок 7 – Затраты энергии на перемещение пласта почвы при вспашке почвы без предплужников

Результаты расчетов величин перемещения центра тяжести пласта почвы при вспашке с предплужниками у стенки борозды приведены в таблице 2, энергетическая оценка приведена на рисунке 8.

Таблица 2 – Величина перемещения центра тяжести пласта почвы при вспашке с предплужниками у стенки борозды, м

Ширина захвата корпуса, м	Глубина обработки почвы, м				
	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30
0,30	0,448	0,457	0,473	0,478	0,490
0,35	0,519	0,526	0,533	0,542	0,551
0,40	0,583	0,595	0,596	0,603	0,611
0,45	0,649	0,654	0,663	0,667	0,674

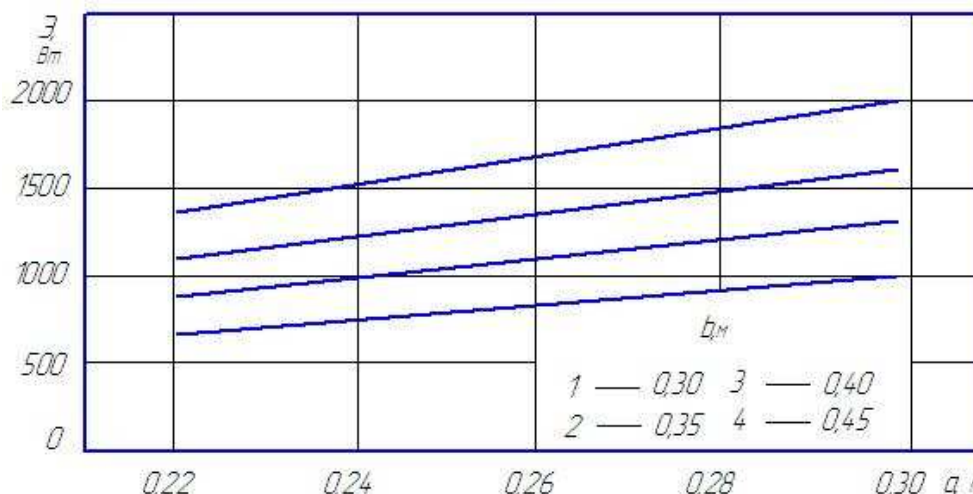


Рисунок 8 – Затраты энергии на перемещение пласта почвы при вспашке с предплужниками у стенки борозды

Результаты расчетов величины смещения центра тяжести пласта почвы комбинированного орудия приведены в таблице 3

Таблица 3 - Суммарное перемещение центра тяжести пласта почвы плужного корпуса комбинированного орудия, м.

Ширина захвата корпуса, м	Глубина обработки почвы, м				
	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30
0,30	0,375	0,381	0,383	0,391	0,397
0,35	0,436	0,441	0,439	0,442	0,451
0,40	0,486	0,491	0,495	0,499	0,503
0,45	0,546	0,549	0,552	0,556	0,558

Затраты энергии на перемещение пласта почвы при комбинированном способе обработки почвы представлены на рисунке 9.

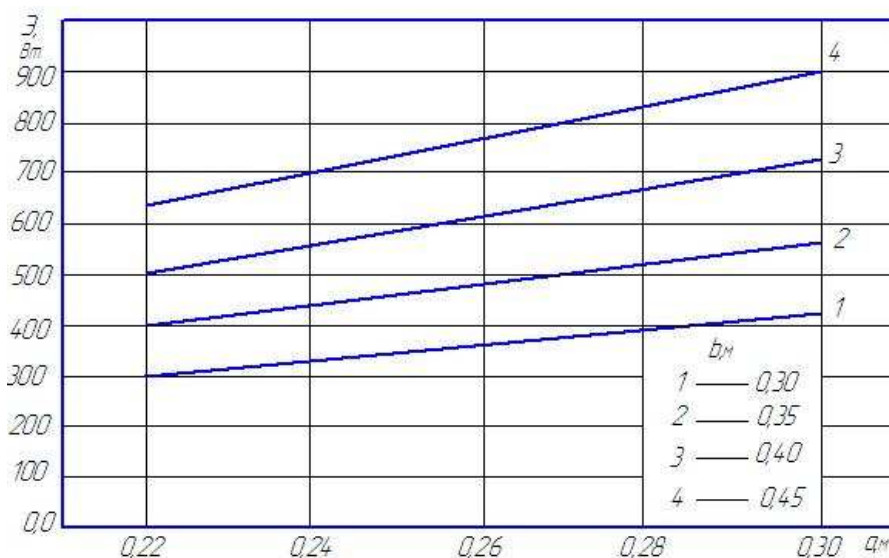


Рисунок 9 – Затраты энергии на перемещение пласта почвы при комбинированном способе обработки почвы

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Разворот почвообрабатывающих орудий в сторону увеличения ширины захвата сопровождается увеличением ширины захвата рабочих органов и возрастанию величины перемещения центра тяжести пласта почвы в исследуемом диапазоне 0,22...0,3 м глубин обработки почвы.

2. У первых двух способов вспашки изменение суммарной величины перемещения центра тяжести пласта почвы колеблется в пределах 0,43...0,67 м, у комбинированного орудия аналогичный показатель составляет 0,37...0,55 м.

3. Из сравниваемых способов наименьшая энергоёмкость процесса обработки почвы у комбинированного способа обработки почвы.

4. Мощность, затрачиваемая на перемещение центра тяжести обрабатываемого пласта почвы на разных глубинах обработки, для первых двух способов изменяется в пределах 0,6...2,0 кВт. Для комбинированного способа обработки почвы аналогичный показатель энергоёмкости составляет 0,3...0,9 кВт.

Следовательно, для обработки почвы при возделывании зерновых колосовых культур в сельскохозяйственных предприятиях ЮФО можно

рекомендовать предложенный комбинированный способ обработки почвы, как менее энергоемкий и сочетающий преимущества отвального и безотвального способов обработки почвы.

Список литературы

1. Кравченко, В.А. Повышение эффективности машинно-тракторных агрегатов на базе колёсных тракторов / В.А. Кравченко, В.А. Оберемок, Л.В. Кравченко // Технология колёсных и гусеничных машин. – 2014. – № 6 (16). – С. 45 – 49.
2. Кравченко, В.А. Результаты испытаний машинно-тракторных агрегатов на базе трактора класса 1,4 с переменной вращающейся массой двигателя / В.А. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – №99 (05). – С. 223 – 233. – IDA [article ID]: 0991405015. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/05/15/>.
3. А.с. СССР 781018, МКИ³ А 01 В 15/20 Почвообрабатывающее орудие / А.В. Жученко, И.Е. Попов, Е.В. Деревянченко (СССР). – №4073407/30-15; заявлен 28.03.1980; опубликовано 15.04.1988. – Бюллетень №14. – 3с.: ил.
4. Жученко, А.В. Агротехническое обоснование способа обработки почвы комбинированным орудием / А.В. Жученко, В.В. Щириков // Проблемы эксплуатации транспортных и транспортно-технологических колёсных и гусеничных машин. – Зерноград, 2004. – С. 42-45
5. Сакун, В.А. О путях снижения энергоёмкости обработки почвы / В.А. Сакун // Вестник сельскохозяйственной науки. – Москва: Колос, 1978. – №3. – С.119 – 129.
6. Мальцев, Т.С. И плодородие и урожай / Т.С. Мальцев // Земледелие. – 1985. – №4. – С.2-4.

References

1. Kravchenko, V.A. Povyshenie effektivnosti mashinno-traktornykh agregatov na baze kolesnykh traktorov, V.A. Kravchenko, V.A. Oberemok, L.V. Kravchenko (Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin), 2014, No 6 (16), pp. 45 – 49.
2. Kravchenko, V.A. Rezul'taty ispytaniy mashinno-traktornykh agregatov na baze traktora klassa 1,4 s peremennoi vrashchayushcheisya massoi dvigatelya, V.A. Kravchenko (Politematicheskii setevoi elektronnyi nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta), *Nauchnyi zhurnal KubGAU*, Elektronnyi resurs, Krasnodar, KubGAU, 2014, No 99 (05), pp. 223–233, IDA ,article ID, 0991405015, Rezhim dostupa, <http://ej.kubagro.ru/2014/05/15/>.
3. A.s. SSSR 781018, MКИ A 01 V 15/20 Pochvoobrabatyvayushchee orudie, A.V. Zhuchenko, I.E. Popov, E.V. Derevyanchenko ,SSSR, No 4073407/30-15, zayavlen 28.03.1980, opublikovano 15.04.1988, Byullyuten' No 14, 3 pp, il.
4. Zhuchenko, A.V. Agrotekhnicheskoe obosnovanie sposoba obrabotki pochvy kombinirovannym orudiem, A.V. Zhuchenko, V.V. Shchirov (Problemy ekspluatatsii transportnykh i transportno-tekhnologicheskikh kolesnykh i gusenichnykh mashin), Zernograd, 2004, pp. 42-45.
5. Sakun, V.A. O putyakh snizheniya energoemkosti obrabotki pochvy, V.A. Sakun (Vesnik sel'skokhozyaistvennoi nauki), Moskva, Kolos, 1978, No 3, pp.119 – 129.
6. Mal'tsev, T.S. I plodorodie i urozhai, T.S. Mal'tsev (Zemledelie), 1985, No 4, pp.2-4.