

ПРОБЛЕМА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

А. П. Акимов, В. И. Медведев, В. П. Мазяров

Чувашская государственная сельскохозяйственная академия

428003, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. При возделывании сельскохозяйственных культур на обработку почвы в структуре совокупных энергетических затрат приходится от 20 до 45 % прямого расхода топлива. При этом основная обработка почв остается одним из главных агротехнических приемов повышения плодородия. Она позволяет регулировать в желательном направлении ее водно-воздушный, тепловой и питательный режимы, одновременно оказывая влияние и на эрозионные процессы.

На протяжении многих столетий основная обработка почвы осуществлялась клинообразными рабочими органами. С появлением лемешных плугов она производится с оборотом пласта на 180 градусов с целью заделки семян сорняков. Но основная обработка почвы лемешными плугами является наиболее энергоёмкой и дорогостоящей технологической операцией: на нее приходится свыше 50 % общего расхода топлива.

Высокая энергоёмкость вспашки предопределяется не только необходимостью крошения и оборота почвенного пласта, но и технологически неоправданным перемещением всей площади обработки на 1,5 ширины захвата лемеха плуга в поперечном направлении от продольного движения машинного агрегата. При отвальной вспашке ускоряется эрозия склоновых земель.

Альтернативой могут быть рабочие органы реактивного действия, которые отклоняются под воздействием реакции почвы от направления поступательного перемещения и производят крошение почвы по линиям наименьших связей без ее перемещения.

Ключевые слова: отвальный плуг, энергозатраты, подпокровный рыхлитель, реактивный рабочий орган.

Введение. Человеческая цивилизация зародилась с того времени, когда от кочевого образа жизни, при котором люди добывали себе пищу с помощью охоты, они перешли к оседлому образу жизни и стали выращивать сельскохозяйственные культуры с целью получения продуктов питания, то есть тогда, когда начинает развиваться сельское хозяйство.

Эволюция орудий труда, которые использовались при основной обработке почвы, выглядит следующим образом: деревянный сук – клиновидный камень – клинообразные металлические орудия – современные плуги с клинообразными рабочими органами.

При анализе особенностей этой эволюции становится очевидным тот факт, что современный земледelec в процессе совершенствования орудий труда ненамного обогнал первобытного человека. Ни один вид человеческой

деятельности не является столь консервативным, как технология основной обработки почвы; практически не изменились и орудия труда, необходимые для ее осуществления.

Качественных изменений основной обработки почвы не произошло, хотя был осуществлен переход от тяговых животных к механической тяге. Исполнительные рабочие органы также практически не изменились. С целью повышения производительности и увеличения ширины захвата было добавлено их количество в одной машине.

Один из начинателей восстановительного органического земледелия в США Эдвард Фолкнер еще в 1042 г. писал: «Плуг с отвалом, применяемый на фермах во всем цивилизованном мире, является наименее удовлетворительным орудием для подготовки почвы при выращивании сельскохозяйственных культур» [6].

Выдающийся новатор сельского хозяйства, Почётный академик ВАСХНИЛ Терентий Семенович Мальцев также был сторонником «биологизации» земледелия. Он считал, что необходимо создавать агрофильную систему сельскохозяйственных машин [4].

По мнению немецких агробиологов, в слое почвенного пласта можно выделить пять зон, в каждой из которых наблюдается собственная биологическая активность, которая связана с функционированием особых, присущих только этим зонам биоорганизмов. В соответствии с этим, к разрыхлению почв предъявляются особые требования в соответствии с их принадлежностью к определенным зонам [7].

Кроме желательного водного, воздушного, теплового, питательного режимов, оптимального почвенного зооценоза, микрофлоры и т.д., в системе подготовки почвы есть и другие не менее важные аспекты – экологическая безопасность и обеспечение ресурсоэнергосбережения.

Оценка себестоимости основной обработки почвы в денежном выражении не всегда объективно отражает прошлые затраты и размеры осуществленного труда, потраченные на этот технологический процесс, поскольку цена товара в товарном производстве носит временный, конъюнктурный характер. Так, например, в конце прошлого столетия затраты на топливо и смазочные материалы (ТСМ) составили от 8 до 12 % в себестоимости вспашки одного гектара. В настоящее время затраты на ТСМ возросли до 70 %, себестоимость – в 5-6 раз.

За рубежом сравнительная оценка различных технологий как в промышленности, так и в сельскохозяйственном производстве осуществляется в соответствии с произведенными энергозатратами. По данным американских ученых и практиков, затраты условного топлива (энергозатраты) существенно отличаются в зависимости от применения различных способов обработки почвы (табл. 1 и 2) [5].

Таблица 1 – Затраты условного топлива при разных способах обработки почвы

Затраты экв. дизельного топлива, л/га	Отвальная вспашка	Чизельная обработка	Нулевая обработка
Тракторное горючее	33,2	23,6	9,4
Производство машин и оборудования	16,5	11,8	4,7
Производство гербицидов	32,2	35,4	49,7
Эрозионные потери, т/га	26,75	7,75 (миним.обр.)	1,25

Таблица 2 – Расход дизельного топлива (л/га) для различных культур при разных способах обработки почвы в штате Небраска (США)

Агроприем	Отвальный плуг	Чизель	Диск	Гребневая обработка	Беспашотная обработка почвы
Измельчение стеблей				5,1	
Обработка отвальным плугом	21,0				
Обработка чизелем		9,8			
Внесение удобрений	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
Дискование	6,9	6,9	6,9		
Посев	4,8	4,8	4,8	6,3	5,6
Культивация	4,0	4,0	4,0	8,0	
Опрыскивание					2,1
Всего	49,2	31,1		25,0	13,3

Российские исследователи также отмечают, что переход от отвальной к ресурсосберегающей системе обработки почвы приводит к снижению затрат совокупной энергии и к увеличению коэффициента энергетической эффективности (КЭЭ) [2].

Чем вызвана высокая энергоемкость вспашки лемешными плугами?

Прежде всего, особенностями технологического процесса. Сопротивление лемешного плуга принято определять по рациональной формуле академика В. П. Горячкина:

$$R_{пл} = Q_{мп} \cdot f + k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot V^2,$$

где $Q_{мп} \cdot f$ – сопротивление перемещению трактора;

$k \cdot a \cdot b$ – сопротивление почвенного пласта;

$\varepsilon \cdot a \cdot b \cdot V^2$ – кинетическая энергия на отбрасывание почвенного пласта в поперечной плоскости.

Вследствие некоторой неопределенности качественной природы коэффициента ε и сложности его количественного определения необходимо осуществить измерение затрат энергии на поперечное смещение пласта в поперечной плоскости.

Материалы и методы. В работе проводится сравнительная оценка различных способов обработки почвы: отвальной и безотвальной вспашки, чизельной и нулевой обработки почвы, а также рыхления всего почвенного пласта без перемещения его в поперечной плоскости, без оборота и выноса его

на поверхность. Данный вид обработки почвы осуществляется подпокрывным рыхлителем, оригинальным рабочим органом реактивного действия [1, 3].

Оценка эффективности обработки почвы производилась по осуществленным энергозатратам (расход эквивалентного дизельного топлива, л/га) и степени урожайности сельскохозяйственных культур.

Результаты исследований и их обсуждение. При ширине захвата одного корпуса плуга $b = 0,4$ и глубины пахоты $a = 0,25$ м при вспашке 1 га почвенный пласт в объеме 2500 м^3 перемещается в поперечном направлении без технологической необходимости на 0,4 м. При этом затрачивается механическая работа в количестве не менее 1000 тоннометров – 10 МДж.

При скорости 6-8 км/час трактор класса 3 напрасно расходует на поперечную транспортировку 5-8 кВт мощности двигателя. Таким образом, вспашка лемешными плугами является самой энергоемкой и самой дорогой в растениеводстве.

Поскольку ТСМ в себестоимости одного условного гектара пашни составляют 40-60 %, то снижение энергетической составляющей является одним из главных показателей эффективности работы при основной обработке почвы.

Создать исполнительный рабочий орган, который в полной мере удовлетворял бы требованиям каждой зоны почвенного пласта по всей толщине, задача сложная.

Тем не менее, нам удалось сконструировать рабочий орган, который близок по своим параметрам к изложенным требованиям [1].



Рис. 1. Рабочий орган реактивного действия для подпокрывного рыхления почвы

На рисунке 1 представлен рабочий орган для основной обработки почвы путем ее подпокрывного рыхления без транспортировки разрыхленных частиц почвы в поперечном направлении.



Рис. 2. Подпокрывной рыхлитель РП-2,4
для основной обработки почвы тракторами класса 3

Испытания опытных образцов орудий с такими рабочими органами доказали их высокую эффективность, поскольку после их применения повысилась урожайность сельскохозяйственных культур, уменьшилось количество энергозатрат.

На рисунках 2 и 3 представлены подпокрывные рыхлители с рабочими органами для основной обработки почвы без транспортировки разрыхленных частиц почвы в поперечном направлении.



Рис. 3. Подпокрывной рыхлитель РП-1,7
для основной обработки тракторами класса 1,4 и 2

Выводы.

Испытания опытных образцов орудий с такими рабочими органами доказали их высокую эффективность, поскольку после их применения

повысилась урожайность сельскохозяйственных культур, уменьшилось количество энергозатрат [3]. Так, расход топлива в расчете на 1 га обработанной площади по сравнению с лемешно-отвальной обработкой уменьшился на 17 %. Урожайность зеленой массы кукурузы возросла на 7,2 %, картофеля – на 16,9 %, овса – на 7 %.

Таблица 3 – Урожайность овса сорта «Сельма» в различных вариантах основной обработки почвы

Вид обработки	Тип почвы	
	Темно-серая лесная тяжелосуглинистая, гумус – 6,8 %	Светло-серая лесная, среднесуглинистая, слабосмытая, гумус – 2,8 %
Отвальная вспашка	34,2	25,2
Безотвальная, подпловным рыхлителем	35,2	27,0
Плоскорезная, плоскорезом КПП-2,2	34,3	23,8

Литература

1. А.С. №1122247 СССР, МКИЗ А 01 В 49/06. Устройство для безотвальной обработки почвы / В. П. Мазяров, В. И. Медведев, Г. З. Гайфуллин. – Оpubл. 08.07.1984, Бюл. № 41.
2. Бакиров, Ф. Г. Эффективность ресурсосберегающих систем обработки черноземов степной зоны Южного Урала: автореф. дис. ... док. с.-х. наук. – Оренбург, 2008. – 47 с.
3. Мазяров, В. П. Использование подпловных рыхлителей РП-2,4 и РП-1,7 при возделывании картофеля / В. П. Мазяров, А. П. Акимов, В. И. Медведев // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: материалы Международной научно-практической конференции. – Минск: БГАТУ, 2017. – С. 46-50.
4. Мальцев, Т. С. Система безотвального земледелия / Т. С. Мальцев. – М.: Агропромиздат, 1988. – 128 с.
5. Основы адаптивно-дифференцированной системы обработки почвы: Агроархив. – Режим доступа: <http://agro-archive.ru/adaptivnoe-rasteniievodstvo/2456-osnovy-adaptivno-differencirovannoy-sistemy-obrabotki-pochvy.html>.
6. Фолкнер, Э. Безумие пахаря / Э. Фолкнер. – М.: Сельхозгиз, 1959. – 302 с.
7. Hofman, M. Boden bearbeitung in alternation Landbau. / M. Hofman // Landtechnic. – 1983. – № 2. – С. 52-55.

Сведения об авторах

1. **Акимов Александр Петрович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29, e-mail: akimov_mechfak@mail.ru, тел. 8-8352-62-05-55;

2. **Медведев Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29, e-mail: if7@academy21.ru, тел. 8-8352-62-05-55;

3. **Мазяров Владимир Порфирьевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, д. 29, e-mail: mazyarov@polytech21.ru, тел. 8-8352-62-05-55.

THE PROBLEM OF ENERGY COSTS WHEN CULTIVATING SOIL BASICALLY

A.P. Akimov, V.I. Medvedev, V.P. Mazyarov
Chuvash State Agricultural Academy
428003, Cheboksary, Russian Federation

Abstract. *When cultivating crops the total energy costs to cultivate soil amount to 20 to 45% of the direct fuel consumption. At the same time, basic soil cultivation remains one of the main agrotechnical methods of increasing fertility. It allows you to adjust its water-and-air, heat and nutrient regimes in the desired way, while influencing the erosion processes.*

For many centuries it has been done with wedge-shaped work tools. Since share ploughs appeared, such cultivation has been done with the soil layer turnover at 180 degrees to cover weed seeds. But basic cultivation with ploughs is the most energy-intensive and expensive technological operation, it accounts for more than 50% of the total fuel consumption.

The high energy intensity of ploughing is predetermined not only by the necessity of soil layer chopping and turnover, but also by the technologically unjustified moving of the entire area of cultivation by 1.5 width of the ploughshare in the transverse direction of the longitudinal movement of the machine unit. When moldboard plowing is used, the erosion of sloping land is accelerated.

An alternative may be the work tools of reactive action, which can diverge from translational motion due to the soil reaction and produce crumbling of the soil along the lines of the smallest links without moving it.

Key word: *dump plow, energy consumption, undercover ripper, reactive work tool.*

References

1. A.S. №1122247 SSSR, MKI3 A 01 V 49/06. Ustroystvo dlya bezotval'noy obrabotki pochvy / V. P. Mazyarov, V. I. Medvedev, G. Z. Gayfullin. – Opubl. 08.07.1984, Byul. № 41.

2. Bakirov, F. G. Effektivnost' resursosberegayushchikh sistem obrabotki chernozemov stepnoy zony Yuzhnogo Urala: avtoref. dis. ... dok. s.-kh. nauk. – Orenburg, 2008. – 47 s.

3. Mazyarov, V. P. Ispol'zovanie podpokrovnykh rykhlyteley RP-2,4 i RP-1,7 pri vozdelyvanii kartofelya / V. P. Mazyarov, A. P. Akimov, V. I. Medvedev // Tekhnicheskoe obespechenie innovatsionnykh tekhnologiy v sel'skom khozyaystve: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. – Minsk: BGATU, 2017. – S. 46-50.

4. Mal'tsev, T. S. Sistema bezotval'nogo zemledeliya / T. S. Mal'tsev. – M.: Agropromizdat, 1988. – 128 s.

5. Osnovy adaptivno-differentsirovannoy sistemy obrabotki pochvy: Agroarkhiv. – Rezhim dostupa: <http://agro-archive.ru/adaptivnoe-rasteniyevodstvo/2456-osnovy-adaptivno-differentsirovannoy-sistemy-obrabotki-pochvy.html>.

6. Folkner, E. Bezumie pakharya / E. Folkner. – M.: Sel'khozgiz, 1959. – 302 s.

7. Hofman, M. Boden bearbeitung in alternation Landbau. / M. Hofman // Landtechnik. – 1983. – № 2. – S. 52-55.

Information about authors

1. Akimov Alexander Petrovich, Doctor of Technical Sciences, head of the Department of transport and technological machines and complexes, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, K. Marx str., 29, e-mail: akimov_mechfak@mail.ru, tel. 8-8352-62-05-55;

2. Medvedev Vladimir Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of transport and technological machines and complexes, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, K. Marx str., 29, e-mail: if7@academy21.ru, tel. 8-8352-62-05-55;

3. Mazyarov Vladimir Porfirievich, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of transport and technological machines and complexes, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary, K. Marx str., 29, e-mail: mazyarov@polytech21.ru, tel. 8-8352-62-05-55.