

ПРИМЕНЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

APPLICATION OF DIFFERENTIATED TILLAGE

С.Е. ФЕДОРОВ, к.т.н.

Мордовский государственный университет
им. Н.П. Огарева, Саранск, Россия,
seregafedorov1989@mail.ru

S.E. FEDOROV, PhD in Engineering

Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia,
seregafedorov1989@mail.ru

Главным показателем физического состояния почв является плотность сложения. При сопоставлении значений равновесной и оптимальной плотности почвы для сельскохозяйственных культур определяется потребность в той или иной механической обработке. Это говорит о том, что в настоящее время система обработки почвы не может быть единой, универсальной, одинаково пригодной и эффективной в разных точках поля. Она должна быть дифференцированной, адаптированной к почвенно-климатическим условиям. Исходя из выше изложенного, появилась идея о необходимости создания комбинированного культиватора для выполнения дифференцированной обработки почвы, который обеспечил бы желаемый прогнозируемый процесс работы при выполнении условий. Цель исследования – снижение затрат энергии, повышение качества поверхностной подготовки почвы за счет применения дифференцированной обработки почвы без снижения показателей урожайности. Полевые исследования по определению плотности и твердости почвы проводили при температуре $+20 \pm 2$ °С на разных глубинах (0...10, 10...20, 20... 30 и 30...40 см) и повторяли по 4 раза для каждой глубины для выявления средних значений амплитуд. Влажность почвы в процессе обработки варьировалась в пределах от 20 до 26 %. Предельная относительная ошибка при измерении составила 5 %. При исследовании твердости и плотности почвы одна точка (как одно измерение) закладывалась на 4...5 га. Результаты исследований показали, что твердость и плотность почвы в разных точках поля разные. Со временем их значения возрастают. Минимальные значения твердости и плотности наблюдались на глубине 0...10 см и составили 8 кг/см² и 0,94 г/см³, максимальные – на глубине 30...40 см – 34,3 кг/см² и 1,41 г/см³. В этом направлении нами предложено создание экспериментальной комбинированной машины для дифференцированной обработки почвы, позволяющей автоматически изменять глубину обработки в зависимости от плотности и твердости почвы.

Ключевые слова: дифференцированная обработка почвы, плотность, твердость, глубина обработки, технологическая электронная карта.

The main indicator of the physical state of soils is the density of structure. When comparing the values of the equilibrium and optimal soil density for agricultural crops, the need of one or another mechanical treatment is determined. This suggests that at present the soil treatment system can not be uniform, universal, equally suitable and effective at different points in the field. It must be differentiated, adapted to soil and climatic conditions. Proceeding from the above, there appeared the idea of the need to create a combined cultivator for differentiated soil cultivation, which provided the desired predictable process of work under accomplished conditions. The purpose of the study is to reduce energy costs, improve the quality of surface preparation of the soil through the application of differentiated tillage without reducing yields. Field studies on determining density and hardness of the soil were carried out at a temperature of $+ 20 \pm 2$ °C at different depths (0 ... 10, 10 ... 20, 20 ... 30 and 30 ... 40 cm) and repeated 4 times for each depth to determine the average values of the amplitudes. The moisture content of the soil during the treatment varied from 20 % to 26 %. The limiting relative error in the measurement was 5 %. When examining the hardness and density of the soil, one point (as one dimension) was laid on 4 ... 5 hectare. The results of the studies showed that the hardness and density of the soil in different points of the field are different. Over time their values increase. The minimum values of hardness and density were observed at a depth of 0 ... 10 cm and amounted to 8 kg/cm² and 0,94 g/cm³, maximum at a depth of 30 ... 40 cm – 34,3 kg/cm² and 1,41 g/cm³. In this direction, we proposed the creation of an experimental combined machine for differentiated soil cultivation, which automatically changes the depth of processing, depending on the density and hardness of the soil.

Keywords: differentiated soil cultivation, density, hardness, depth of processing, technological electronic map.

Введение

Одним из главных показателей физического состояния почв является плотность сложения, которая выражается через объемную массу или плотность почвы и общую скважность.

При сопоставлении значений равновесной и оптимальной плотности почвы для сельскохозяйственных культур определяется потребность в той или иной механической обработке. Снижение интенсивности обработки почвы, вплоть до полного отказа от нее, возможно только на таких почвах, у которых величина равновесной плотности приближается к оптимальной или равна ей. Интенсивность и глубина механической обработки должна возрастать с увеличением разности между равновесной и оптимальной плотностью почвы [1, 2].

В настоящее время известно, что плотность сложения почвы зависит не только от гранулометрического состава, содержания гумуса, но и является функцией ее структурных качеств. Многочисленными исследованиями установлено, что в зависимости от типа почвы и структуры плотность сложения меняется в широких пределах. По обобщенным данным, в зависимости от гранулометрического состава для роста и развития культурных растений плотность должна находиться в пределах от 1,1 до 1,3 г/см³ [3]. При уплотнении почвы уменьшается не только объем пор, но и их размер. Это весьма важно для роста корневых волосков. Уплотненная почва плохо впитывает и фильтрует влагу, а это при наличии ливневых осадков способствует усилению поверхностного стока, эрозии и в целом снижению влагообеспеченности растений. Причинами снижения урожая на уплотненных почвах являются недостаток кислорода и избыток углекислого газа, плохая водопроницаемость и ухудшение водного режима, ухудшение условий для формирования мощной корневой системы; на рыхлой – уменьшение концентрации влаги и пищи в объеме, большой расход воды на непроизводительное испарение, повреждение корневой системы растений из-за естественного процесса уплотнения и оседания почвы.

Таким образом, равновесная плотность сложения одной и той же почвы – величина переменная, даже в пределах одного поля, и зависит от метеорологических условий и времени года, вида сельскохозяйственных культур.

Это подтверждает тот факт, что в настоящее время не может быть единой, универсальной системы обработки почвы, одинаково пригодной и

эффективной в разных точках поля. Она должна быть дифференцированной, адаптированной к почвенно-климатическим условиям.

Исходя из вышеизложенного, появилась идея о необходимости создания комбинированного культиватора для выполнения дифференцированной обработки почвы, который бы обеспечил желаемый прогнозируемый процесс работы при выполнении условий [4, 5]:

$$F_a \leq \sum_{i=1}^n F_i,$$

где F_a – суммарное сопротивление агрегата; F_i – тяговое сопротивление почвообрабатывающей машины, состоящей из однооперационных рабочих органов.

$$W_a = \sum_{i=1}^n W_i,$$

где W_a – производительность комбинированной машины; W_i – производительность однооперационных почвообрабатывающих агрегатов.

Цель исследования

Целью исследования является снижение затрат энергии, повышение качества поверхностной подготовки почвы за счет применения дифференцированной обработки почвы без снижения показателей урожайности.

Материалы и методы

Для обработки почв различной твердости и плотности применение комбинированных машин на одну и ту же глубину неэффективно. Это приводит к большим производственным затратам, потому что почвы с высоким содержанием гумуса можно обрабатывать менее глубоко, то есть применять дифференцированную систему обработки [6].

Суть дифференцированной обработки почвы даже в пределах одного участка заключается в том, чтобы за счет более эффективного расхода горючего и минимальных затрат времени сократить издержки производства в растениеводстве, избегая при этом разрушения структуры почвы и возникновения почвенных эрозий.

Применение дифференцированной обработки почвы возможно только в двухэтапном технологическом варианте с использованием цифровых почвенных карт (плотность и твердость почвы, рельеф участка и т.д.). Эта информация необходима для подготовки технологических электронных карт (рис. 1).

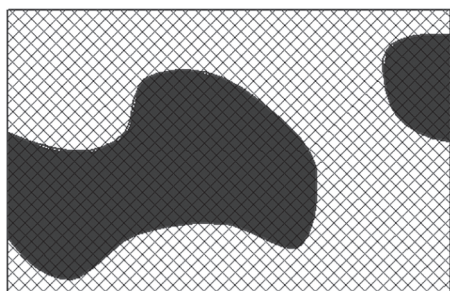


Рис. 1. Технологическая электронная карта для обработки почвы:

темные зоны – глубокая обработка;
светлые зоны – мелкая обработка

При этом отталкиваются от того, что возникает необходимость глубокого рыхления почвы тех участков поля, где складываются неблагоприятные условия для роста сельскохозяйственных культур. В то же время хорошо структурированные почвы можно обрабатывать менее глубоко. При этом глубина обработки не является постоянной, а определяется с учетом принятой глубины обрабатываемого слоя данной почвы [7].

Полевые исследования по определению плотности и твердости почвы проводили в 2017 г. на поле ООО АПО «Мокша» (Краснолободский район, Республика Мордовия), подготавливающее под посев кукурузы.

Испытания проводили при температуре $+20 \pm 2$ °С на разных глубинах (0...10, 10...20, 20...30 и 30...40 см) и повторяли по 4 раза для каждой глубины для выявления средних значений амплитуд. Тип почвы – оподзоленный чернозем, слабосмытый, среднесуглинистый, 6 % гумуса. Площадь – 36 га. Рельеф холмистый. Влажность почвы в процессе обработки варьировалась в пределах от 20 до 26 %. Предельная относительная ошибка при измерении составила 5 %.

При исследовании твердости и плотности почвы одна точка (как одно измерение) закладывалась на 4...5 га. Схемы размещения точек показаны на рис. 2.



Рис. 2. Схемы размещения точек при исследовании твердости и плотности почвы на поле ООО АПО «Мокша»

Твердость почвы определяли твердомером Wile. Наконечник – диаметром 3/4 дюйма. Плотность определяли, используя стальной цилиндр, заостренный снизу, объем которого составляет 500 см³.

Полученные результаты, обработанные с помощью пакета программы Excel, представлены в табл. 1 и на рис. 3 и 4.

Результаты и обсуждение

Анализ данных, полученных в опыте, показал, что твердость и плотность почвы в разных точках поля разные. Со временем их значения возрастают. Минимальные значения твердости и плотности наблюдалось на глубине 0...10 см и составили 8 кг/см² и 0,94 г/см³, максимальные – на глубине 30...40 см – 34,3 кг/см² и 1,41 г/см³.

Таблица 1

Твердость и плотность почвы по состоянию на 09.05.2017 г.

Точка измерения	Твердость кг/см ² на глубине, см				Плотность г/см ³ на глубине, см			
	0...10	10...20	20...30	30...40	0...10	10...20	20...30	30...40
1	10,2	13,6	17,5	23,6	1	1,11	1,2	1,3
2	17,2	20,6	25	31,2	1,07	1,18	1,29	1,37
3	9,1	11,6	14,3	15,2	0,95	1,06	1,15	1,25
4	10	11,6	13,7	14,1	0,94	1,05	1,16	1,26
5	10,3	13,7	17,3	20,1	1,01	1,12	1,21	1,31
6	8	14,2	21,3	33,2	1,08	1,19	1,28	1,38
7	15	18	21	28,3	1,05	1,16	1,26	1,36

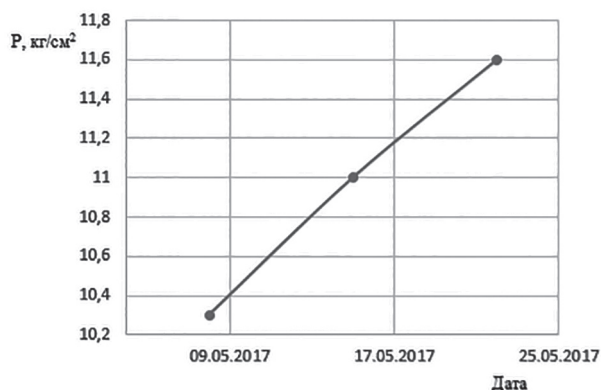


Рис. 3. Изменение со временем твердости почвы в пятой точке на глубине 0...10 см

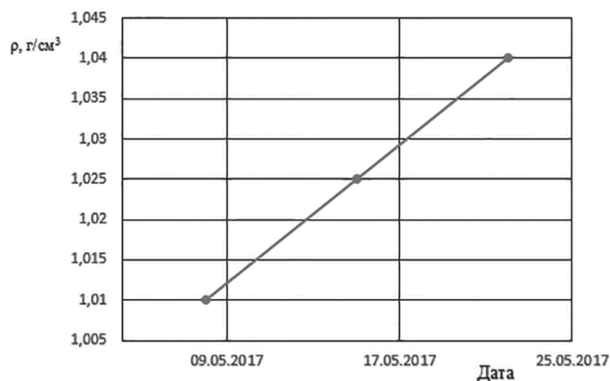


Рис. 4. Изменение со временем плотности почвы в пятой точке на глубине 0...10 см

В этом направлении нами предложено создание экспериментальной комбинированной машины, объединяющей несколько рабочих органов, для дифференцированной обработки почвы. Схема комбинированной машины представлена на рис. 5.

Данная машина позволяет автоматически изменять глубину обработки в зависимости от плотности и твердости почвы. Более уплотненные участки поля обрабатываются на большую глубину, чем рыхлые, что обеспечивает оптимальную плотность на всем участке.

Выводы

1. Исследованы твердость и плотность поля ООО АПО «Мокша» (Краснослободский район, Республика Мордовия). Полученные данные подтверждают перспективность применения дифференцированной обработки почвы исследуемых участков.

2. Получены зависимости твердости и плотности от времени, из которых виден их рост. Таким образом, в период весенне-полевых работ необходим дифференцированный подход к выбору почвообрабатывающего агрегата в зависимости от времени проводимых операций.

Литература

1. Федоров С.Е., Чаткин М.Н., Костин А.С. Обоснование параметров пружинных стоек комбинированных культиваторов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: матер. междунар. конф. Саранск, 2014. С. 547–550.
2. Федоров С.Е., Чаткин М.Н. Полевые исследования упругой S-образной стойки // Основные направления развития техники и технологии в АПК: матер. и докл. VII всерос. науч.-практ. конф. Княгинино, 2016. С. 323–326.
3. Чаткин М.Н., Ягин О.А., Федоров С.Е. Обзор современных энергосберегающих технологий обработки почвы // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010. С. 40–43.
4. Седашкин А. Н., Федоров С.Е., Городсков С.Ю. Влияние вынужденных колебаний на разрушение почвы // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: сборник. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2010. С. 51–54.

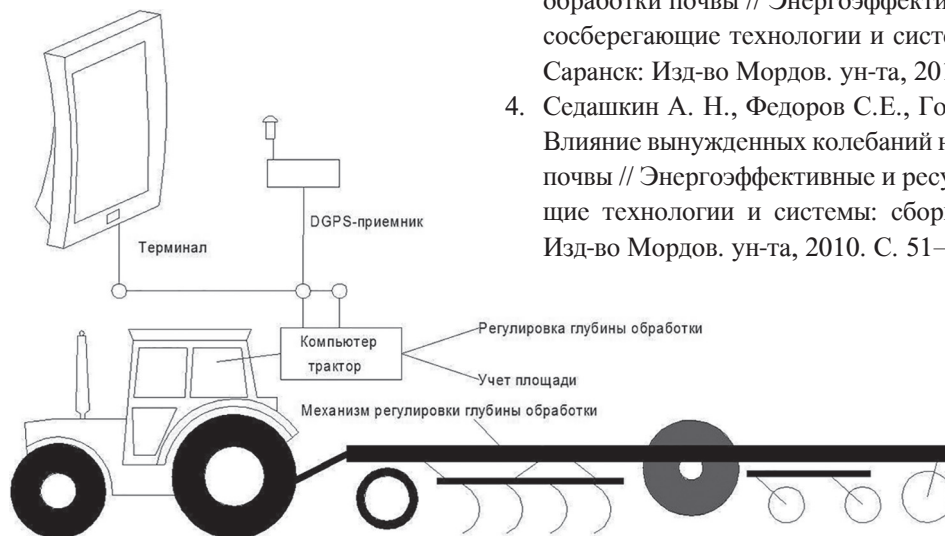


Рис. 5. Комбинированная машина для дифференцированной обработки почвы

5. Костин А.С., Федоров С.Е., Чаткин М.Н. Анализ конструкций рабочих органов для глубокой безотвальной обработки почвы // Актуальные проблемы аграрной науки в XXI веке: матер. всерос. заочной науч.-практ. конф. Пермь, 2014. С. 184–188.
6. Костин А.С., Чаткин М.Н., Федоров С.Е. Рабочий орган глубокорыхлителя // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы: матер. междунар. конф. Саранск, 2014. С. 527–531.
7. Федоров С.Е., Чаткин М.Н., Мишечкин С.И. Дифференцированная система обработки почвы // XXI научно-практическая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва: матер. конф. Саранск, 2017. С. 674–678.

References

1. Fedorov S.E., Chatkin M.N., Kostin A.S. The rationale for the parameters of the spring racks of combined cultivators. *Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy: mater. mezhdunar. konf. [Energy-efficient and resource-saving technologies and systems: materials of international conference]*. Saransk, 2014, pp. 547–550 (in Russ.).
2. Fedorov S.E., Chatkin M.N. Field studies of the elastic S-pillar. *Osnovnye napravleniya razvitiya tekhniki i tekhnologii v APK: mater. i dokl. VII vseros. nauch.-prakt. konf. [The main directions of the development of technics and technology in agro-industrial complex: mater. and of VII All-Russian scientific-practical conference]*. Knyaginino, 2016, pp. 323–326 (in Russ.).
3. Chatkin M.N., Yagin O.A., Fedorov S.E. Overview of modern energy-saving soil treatment technologies. *Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy: sbornik [Energy-efficient and resource-saving technologies and systems: collection]*. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta Publ., 2010, pp. 40–43 (in Russ.).
4. Sedashkin A. N., Fedorov S.E., Gorodskov S.Yu. The effect of forced vibrations on soil degradation. *Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy: sbornik [Energy-efficient and resource-saving technologies and systems: collection]*. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta Publ., 2010, pp. 51–54 (in Russ.).
5. Kostin A.S., Fedorov S.E., Chatkin M.N. Analysis of the structures of working bodies for deep soil-free tillage. *Aktual'nye problemy agrarnoy nauki v KhKhI veke: mater. vseros. zaочноy nauch.-prakt. konf. [Actual problems of agrarian science in the 21st century: mater. all-Russia. extramural scientific-practical conf.]*. Perm', 2014, pp. 184–188 (in Russ.).
6. Kostin A.S., Chatkin M.N., Fedorov S.E. Working part of the deep loosener. *Energoeffektivnye i resursosberegayushchie tekhnologii i sistemy: mater. mezhdunar. konf. [Energy-efficient and resource-saving technologies and systems: collection]* Saransk, 2014, pp. 527–531 (in Russ.).
7. Fedorov S.E., Chatkin M.N., Mishechkin S.I. Differential soil treatment system. *XXI nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchenykh, aspirantov i studentov Natsional'nogo issledovatel'skogo Mordovskogo gosudarstvennogo universiteta im. N.P. Ogareva: mater. konf. [XXI scientific and practical conference of young scientists, graduate students and students of the National Research Ogarev Mordovian State University: materials]* Saransk, 2017, pp. 674–678 (in Russ.).