

**ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА  
В СТЕПНЫХ И ЛЕСОСТЕПНЫХ РАЙОНАХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ****OPTIMIZATION OF TILLAGE UNIT PARAMETERS  
IN STEPPE AND FOREST-STEPPE REGIONS OF THE ALTAI TERRITORY**

**Ключевые слова:** Алтайский край, эрозионные процессы, основная обработка, степные и лесостепные районы, плоскорезная обработка, численный эксперимент, урожайность сельскохозяйственных культур, культурная вспашка, почвенно-климатическая зона, производительность.

Сельскохозяйственная территория Алтайского края разнообразна по почвенно-климатическим условиям, характеру рельефа, проявлению эрозии. С учетом зональных условий, с малой и умеренной интенсивностью эрозионных процессов, основой является почвозащитная разноглубинная обработка. Культурная вспашка в степных районах Алтайского края не способствует решению задач по защите почв от эрозии. На землях, где эрозионные процессы проявляются интенсивно, проводят глубокую обработку почвы безотвальными орудиями и глубокорыхлителями, а при необходимости и комбинированную обработку (чередование плоскорезной и отвальной обработок). Плоскорезная осенняя обработка после зерновых культур позволяет сохранить до 80-85% стерни на поверхности поля, которая задерживает снег, защищает почву от выдувания, способствует меньшему промерзанию и накоплению влаги. Запасы при плоскорезной обработке продуктивной влаги в метровом слое почвы на 30-60 мм выше, чем при вспашке. Основная безотвальная обработка почвы также дает возможность бороться с переуплотнением почвы, которое возникает вследствие большого веса машинно-тракторного агрегата и ведет к снижению урожайности сельскохозяйственных культур и деградации почвы. Так, увеличение плотности почвы от воздействия ходовых систем МТА до 60% и выше приводит к снижению урожайности яровой пшеницы более 70%. Для рационального использования пахотных агрегатов необходимо оптимизировать их параметры. Работниками кафедры Алтайского ГАУ на кафедре СХТиТ была разработана математическая модель функционирования агрегата с учетом неустановившейся нагрузки, которая приводит к снижению выходных показателей. Модель позволяет определить значение выходных по-

казателей любых агрегатов с учетом условий, максимально приближенных к реальным.

**Ключевые слова:** the Altai Territory, erosion processes, primary tillage, steppe and forest-steppe regions, flat-cutting tillage, numerical experiment, crop productivity, cultural plowing, soil and climate zone, productivity.

The agricultural area of the Altai Territory is diverse in terms of soil and climatic conditions, the relief pattern, and the erosion rate. Taking into account the zonal conditions, with low and moderate erosive force, the basis is the soil protection multi-depth tillage. Cultural plowing in the steppe regions of the Altai Territory does not contribute to solving the problems of soil protection from erosion. If there is a massive soil erosion, soil is tilled deeply with nonmoldboard and chisel cultivators, and if it is necessary combined tillage (alternation of dump and flat-cutting tillage) is used. Flat-cutting autumn tillage after grain crops allows you to save up to 80-85% of stubble on the field surface, which traps snow, protects the soil from blowing, promotes less freezing and moisture accumulation. The reserves of productive moisture in a meter layer of soil during flat-cutting tillage are 30-60 mm higher than during plowing. The primary nonmoldboard tillage also helps to combat the overcompaction of the soil, which occurs due to the large weight of the machine and tractor units and leads to a decrease in crop yields and soil degradation. Thus, an increase in soil compaction due to the impact of the machine and tractor units to 60% and higher leads to a decrease in the yield of spring wheat by more than 70%. For the rational use of plowing units, it is necessary to optimize their parameters. Employees of the Farm Machinery and Technologies Chair of the Altai State Agricultural University developed a mathematical model of the unit, taking into account the unsteady load, leading to a decrease in output indicators. The model allows you to determine the value of the output indicators of any units, taking into account the conditions that are as close to real as possible.

**Павлюченко Григорий Васильевич**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: pgv12@mail.ru

**Садов Рудольф Иванович**, магистрант, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: rudolf.sadov@yandex.ru

**Pavlyuchenko Grigorij Vasilyevich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: pgv12@mail.ru

**Sadov Rudolf Ivanovich**, master's degree student, Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: rudolf.sadov@yandex.ru

### Введение

При работе МТА значительно возрастают динамические нагрузки на агрегаты трактора и сельскохозяйственные машины-орудия [1]. Необходимость их упрочнения при тех же конструкционных материалах привела к увеличению общей массы агрегата, что отрицательно сказывается на состоянии почвы (переуплотнение) и приводит к снижению урожайности возделываемых культур [2, 3].

В связи с этим особую важность приобретают вопросы оптимизации параметров машинно-тракторных агрегатов [4, 5] с учетом зональных особенностей эксплуатации при соблюдении агротехнических требований, предъявляемых к технологическому процессу обработки почвы [6].

В Алтайском крае площадь сельскохозяйственных угодий составляет 2,12 млн га, из них 0,714 млн га (33,7%) пашни. Территория края разделена на 7 почвенно-климатических зон, каждая из которых объединяет сходные по условиям и характеру сложившейся специализации районы и хозяйства [7].

Значительная часть районов Алтайского края характеризуется засушливым климатом с малоснежными зимами, сухой весной, малым количеством осадков в первой половине лета и их максимумом во второй половине. Зима, весна и первая половина лета отличаются сильными ветрами, увеличивающими вредное влияние засухи и вызывающими ветровую эрозию почвы [8].

В настоящее время в районах, подверженных эрозионным процессам, основой почвозащитного земледелия является обработка почвы плоскорезными орудиями, сохраняющими на поверхности поля стерню и другие растительные остатки. Применение такой обработки обеспечивает надежную защиту почвы от выдувания и смыва, а также способствует задержанию снега и накоплению влаги в почве.

**Цель** исследования – повышение эффективности использования почвообрабатывающего агрегата за счет оптимизации его параметров в условиях степных и лесостепных районов Алтайского края.

**Задачи** исследования:

1) оценить влияние переуплотнения почвы и способов основной обработки почвы на урожайность зерновых культур;

2) разработать рекомендации по повышению эффективности использования плоскорезных агрегатов за счет оптимизации ширины захвата агрегата с тракторами 5-го тягового класса.

### Экспериментальная часть

Для проведения анализа были использованы литературные и научные исследования. Анализ полученных результатов показывает, что переуплотнение ведет к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, разрушению структуры почвы, увеличению количества обработок почвы и ее сопротивления последующим обработкам, усилению стока воды, эрозии и увеличение потерь гумуса и питательных веществ.

Проведенные опыты показали, что при уплотнении почвы до 1,2 г/см<sup>3</sup> урожайность сельскохозяйственных культур начинала снижаться (табл. 1), при достижении больших значений – уменьшилась от 50 до 80% (рис. 1). Эти данные получены при изучении вопросов влияния ходовых систем колесных тракторов [2].

В настоящее время в качестве основной обработки почвы применяется два вида обработки – отвальная и безотвальная (плоскорезная). Учитывая зональные и природно-климатические условия Алтайского края для борьбы с ветровой и водной эрозиями, возникает необходимость в применении безотвальной обработки почвы. В качестве основной безотвальной обработки почвы предусмотрено применение машин с плоскорезными рабочими органами.

При оценке и прогнозировании параметров агрегата используют прямые и косвенные методы их энергетических и технико-экономических показателей, наибольшее распространение из косвенных методов получили графические, графоаналитические, аналитические.

В настоящее время широкое распространение получили аналитические методы определения параметров и режимов работы МТА с применением вычислительных устройств.

Для этого сотрудниками Алтайского ГАУ на кафедре СХТиТ разработана математическая модель функционирования агрегата (рис. 2) с учетом неустановившейся нагрузки, которая приводит к снижению выходных показателей агрегата, относительно применяемых ранее расчетных значений показателей без учета влияния колебания тягового сопротивления агрегата (рис. 3). Дополнительно предлагается учиты-

вать влияние уплотняющего воздействия ходовых систем тракторов на урожайность зерновых культур, что позволяет получить более точную модель функционирования агрегата и его выходных показателей.

При нахождении неполных вероятностно-статистических характеристик выходных параметров агрегата можно использовать детерминированные функции  $f(x)$  и дифференциальные законы распределения входных параметров  $\varphi(x)$ , не определяя законы распределения  $\varphi(y)$ . В этом случае для вычисления, например, математического ожидания применяется следующее соотношение:

$$M(y) = \int_{-\infty}^{\infty} y\varphi(y)dy = \int_{-\infty}^{\infty} f(x)\varphi(x)dx,$$

где  $\varphi(y) = \varphi(x) \left| \frac{dx}{dy} \right|$  – закон распределения параметра  $У$ .

Таблица 1

Урожайность сельскохозяйственных культур (%) в зависимости от плотности почвы

Культура	Плотность почвы, г/см <sup>3</sup>						
	0,95	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Кукуруза (зеленая масса)	100	103	107	70	61	48	40
Яровая пшеница	100	104	104	109	50	42	27
Ячмень	100	122	101	101	67	57	50
Горох	100	109	98	96	54	49	19
Озимая пшеница	100	123	142	147	79	0	0

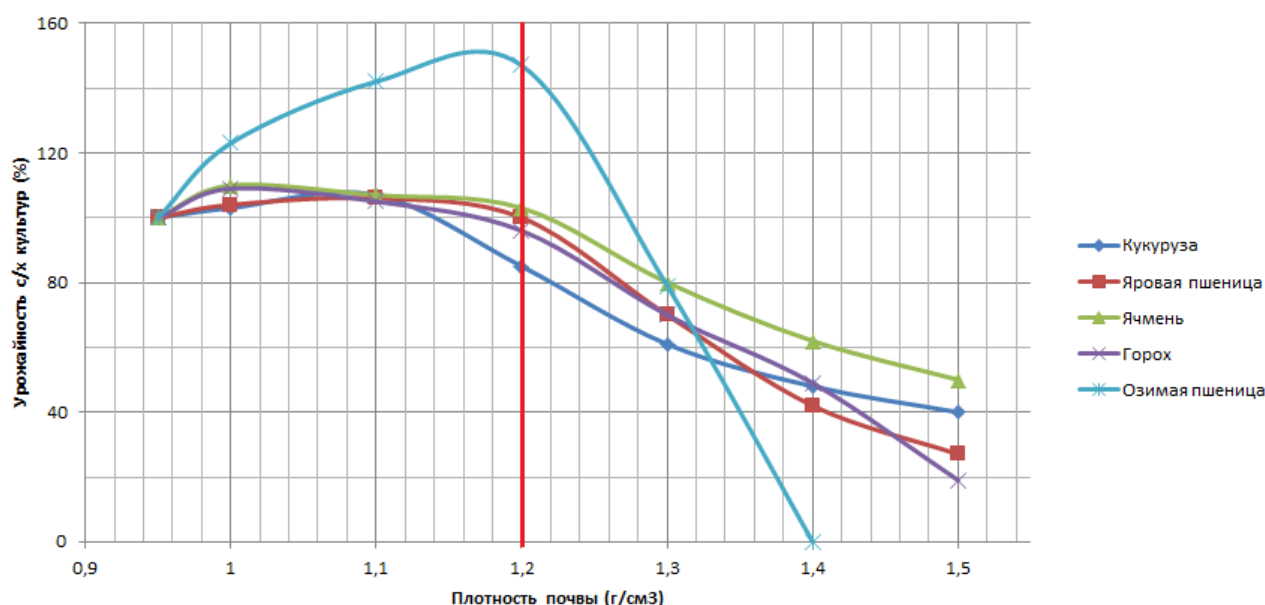


Рис. 1. Влияние плотности почвы на урожайность с.-х. культур

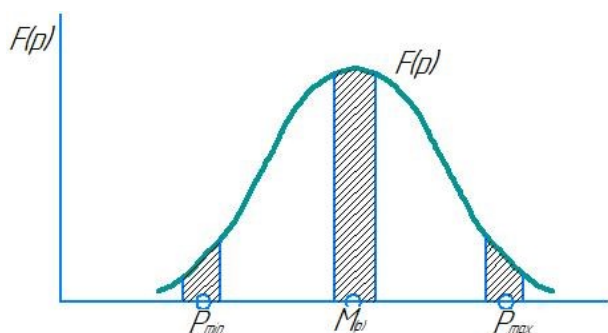


Рис. 2. Графический вид закона распределения тягового сопротивления агрегата по совокупности полей

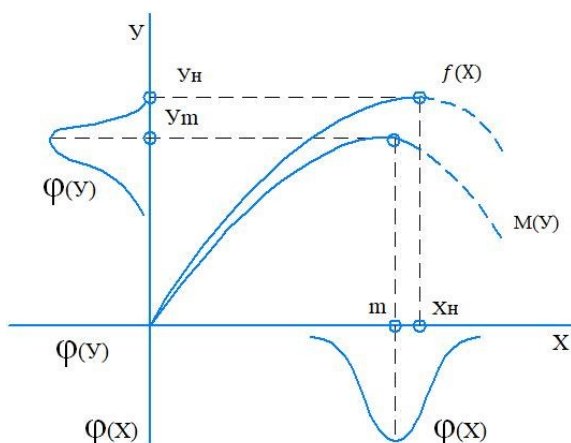


Рис. 3. Схема к определению средних значений выходных показателей

### Результаты исследований и их обсуждение

Для расчетов основных выходных показателей агрегатов с тракторами 5-го тягового класса была применена данная математическая модель. По результатам проведенного численного эксперимента определения выходных показателей плоскорезных агрегатов были получены оптимальные составы агрегатов с различными рабочими органами и глубиной обработки почвы (табл. 2).

При агрегатировании тракторов с плоскорезами-глубококорыхлителями типа КПП вместо ПГ на глубину 0,20-0,22 и 0,25-0,27 м при постоянной скорости движения агрегата обеспечивается увеличение производительности агрегата до 15%.

Рациональным вариантом комплектования машинно-тракторного агрегата на основе проведенного численного эксперимента по предлагаемой математической модели является трактор 5-го тягового класса в агрегате с плоскорезом-глубококорыхлителем ПГ-3-5 с различными рабочими органами:

- тип ПГ, с шириной захвата от 4,5 до 5,0 м;
- тип КПП, с шириной захвата от 5,1 до 5,9 м.

Таблица 2

Основные энергетические параметры сельскохозяйственных машин орудий в условиях Алтайского края

Марка орудия, тип рабочего органа	Глубина обработки, м	Удельное тяговое сопротивление (при $V_0=5$ км/ч), кН/м	Рациональная ширина захвата агрегата, м
ПГ-3-5 плоскорезущая лапа типа ПГ	0,20-0,22	7,6	5,0
	0,25-0,27	8,8	4,5
ПГ-3-5 плоскорезущая лапа типа КПП	0,20-0,22	7,1	5,9
	0,25-0,27	8,2	5,1

### Заключение

1. По результатам расчета и анализа полученных выходных показателей МТА модель позволяет выполнить задачу по оптимизации параметров МТА за счет изменения энергоемкости процесса обработки почвы и ширины захвата агрегата.

2. Применение предлагаемых рабочих органов при одной и той же энергоемкости процесса обработки почвы дает возможность увеличить глубину обработки почвы.

3. Применение рациональных составов агрегата позволит уменьшить число проходов агрегатов по полю, что способствует меньшему

уплотнению почвы и, как следствие, повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

### Библиографический список

1. Никифоров, П. Е. Работа машин на повышенных скоростях / П. Е. Никифоров. – Москва, 1962. – 112 с. – Текст: непосредственный.
2. Переуплотнение почвы. – URL: <https://agrosektor.kz/agricultural-science/pereuplotnenie-pochvy-i-poterya-plodorodiya.html> (дата обращения: 06.02.2021). – Текст: электронный.
3. Охитин, А. А. Влияние интенсивности уплотнения дерново-подзолистой почвы ходовыми системами тракторов на ее физические свойства и урожай горохо-овсянной смеси и многолетних трав / А. А. Охитин, П. И. Смородин. – Текст: непосредственный // Переуплотнение почвы и пути его ликвидации. – Таллин: Эст НИИЗМ. – С. 35-41.
4. Красовских, В. С. К обоснованию основных параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов / В. С. Красовских. – Текст: непосредственный // Эксплуатация и ремонт машинно-тракторного парка: сборник научных трудов / АСХИ. – Новосибирск, 1981. – С. 3-14.
5. Красовских, В. С. Основы параметров и режимов работы машинно-тракторных агрегатов: учебное пособие / В. С. Красовских; АСХИ. – Новосибирск, 1982. – С. 3-22. – Текст: непосредственный.
6. Агротехнические требования к противозерозионной плоскорезной обработке почвы. – URL: <https://agrosektor.kz/agricultural-science/pereuplotnenie-pochvy-i-poterya-plodorodiya.html> (дата обращения: 21.01.2021). – Текст: электронный.
7. Почвенно-климатическая характеристика аграрных зон края. – URL: <https://www.altairegion22.ru/territor> (дата обращения: 01.02.2021). – Текст: электронный.

8. Звонков, В. В. Водяная и ветровая эрозия земли / В. В. Звонков. – Москва: АН СССР, 1962. – 175 с. – Текст: непосредственный.

### References

1. Nikiforov, P. E. Rabota mashin na povyshennykh skorostyah / P. E. Nikiforov. – Moskva, 1962. – 112 s. – Tekst: neposredstvennyj.
2. Pereuplotnenie pochvy. – URL: <https://agrosektor.kz/agricultural-science/pereuplotnenie-pochvy-i-poterya-plodorodiya.html> (data obrashcheniya: 06.02.2021). – Tekst: elektronnyj.
3. Ohitin, A. A. Vliyanie intensivnosti uplotneniya dernovo-podzolistoj pochvy hodovymi sistemami traktorov na ee fizicheskie svojstva i urozhaj goroho-ovsyannoj smesi i mnogoletnih trav / A. A. Ohitin, P. I. Smorodin. – Tekst: neposredstvennyj // Pereuplotnenie pochvy i puti ego likvidacii. – Tallin: Est NIIZM. – S. 35-41.
4. Krasovskih, V. S. K obosnovaniyu osnovnykh parametrov i rezhimov raboty mashinno-traktornykh agregatov / V. S. Krasovskih. – Tekst: neposredstvennyj // Ekspluatatsiya i remont mashinno-traktornogo parka: sbornik nauchnykh trudov / ASKHI. – Novosibirsk, 1981. – S. 3-14.
5. Krasovskih, V. S. Osnovy parametrov i rezhimov raboty mashinno-traktornykh agregatov: uchebnoe posobie / V. S. Krasovskih; ASKHI. – Novosibirsk, 1982. – S. 3-22. – Tekst: neposredstvennyj.
6. Agrotekhnicheskie trebovaniya k protivozerozionnoj ploskoreznoj obrabotke pochvy. – URL: <https://agrosektor.kz/agricultural-science/pereuplotnenie-pochvy-i-poterya-plodorodiya.html> (data obrashcheniya: 21.01.2021). – Tekst: elektronnyj.
7. Pochvenno-klimaticheskaya harakteristika agrarnykh zon kraja. – URL: <https://www.altairegion22.ru/territor> (data obrashcheniya: 01.02.2021). – Tekst: elektronnyj.
8. Zvonkov, V. V. Vodyanaya i vetrovaya eroziya zemli / V. V. Zvonkov. – Moskva: AN SSSR, 1962. – 175 s. – Tekst: neposredstvennyj.

