

УДК 63.001.12/18

UDC 63.001.12/18

05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

05.20.01 Technologies and means of agricultural mechanization

**ЭФФЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СНИЖЕНИЯ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ ДЛЯ СОХРАНЕНИЯ ЕЕ ПЛОДОРОДИЯ**

**EFFECTIVE WAYS TO REDUCE SOIL COMPACTION TO PRESERVE ITS FERTILITY**

Маслов Геннадий Георгиевич  
д-р техн.наук, профессор  
SPIN – код автора: 7115-7421  
[maslov-38@mail.ru](mailto:maslov-38@mail.ru)

Maslov Gennadiy Georgievich  
Dr.Sci.Tech., Professor  
SPIN - code: 7115-7421  
[maslov-38@mail.ru](mailto:maslov-38@mail.ru)

Малашихин Николай Васильевич  
магистрант  
[malashikhin95@bk.ru](mailto:malashikhin95@bk.ru)

Malashikhin Nikolai Vasilievich  
Undergraduate student  
malashikhin95@bk.ru

Лаврентьев Валерий Павлович  
аспирант  
*Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т.Трубилина, Краснодар, Россия*

Lavrentiev Valery Pavlovich  
Postgraduate student  
*Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin, Russia*

Обоснованы новые направления решения проблемы снижения уплотнения почвы, которое разрушает структуру почвы, нарушает ее водно-воздушный режим, приводит к эрозии и снижению урожая. Эффективность представленных направлений, основанных на анализе состояния вопроса и результатах собственных исследований, подтверждена практическим использованием в механизации производственных процессов в растениеводстве интеллектуальных инженерных разработок авторов, базирующихся на своих изобретениях и известной серийной технике выбранной из Автоматизированной справочной системы «Сельхозтехника». Именно синтез результатов собственных исследований и анализа лучших образцов современной сельхозтехники позволили сформировать эффективную систему машин, снижающих вредное уплотнение почвы, что обеспечивает сохранение плодородия почвы и прибавку урожая сельскохозяйственных культур. Предложенный в системе набор машин для обработки почвы, посева, внесения удобрений, опрыскивания и уборки урожая не только снижает уплотнение почвы, но и повышает качество работы, производительность труда, комплексность выполняемых работ, урожай и снижает затраты всех видов (энергетические, денежные, трудовые). Основу решения проблемы составляют: совмещение технологических операций за один проход агрегата по полю, применение в системе многофункциональных агрегатов, выполняющих одновременно обработку почвы и посев, внесение удобрений и обработку почвы, подкормку колосовых культур с одновременным боронованием, уборку урожая с одновременным лушением стерни, или прессованием соломы и др., отказ от использования на полях тяжелой техники, грузовых автомобилей, применение на тракторах конверсион-

New ways of solving reducing soil compaction problem are substantiated. Soil compaction destroys its structure, violates its water-air regime, and leads to erosion and reduced yield. The effectiveness of the presented directions, based on the analysis of the issue and the results of own research is confirmed by practical use in the crop production processes mechanization of intellectual engineering authors' developments, based on their inventions and well-known serial technology selected from Automated reference system "agricultural machinery". It was the synthesis of own research results and modern agricultural machinery best samples analysis that allowed us to form an effective system of machines that reduce the harmful soil compaction. This ensures soil fertility preservation and crop yield increase. The set of machines proposed in the system for soil processing, sowing, fertilizing, spraying and harvesting not only reduces soil compaction but also improves work quality, labor productivity and complexity of the work performed, harvest and reduces costs of all types (energy, money, labor). The basis of the problem solution consists of a combination of technological operations for one pass of the unit across the field, multifunctional units application in the system that performs tillage and seeding, fertilization and tillage, additional fertilizing of spike crops with simultaneous harrowing, harvesting with simultaneous stubbling or straw pressing etc., refusal to use heavy machinery in the fields, trucks, conversion tracked system on tractors, front and rear hydraulics for making multi-functional units, the use of fundamentally new machines and adaptations to them according to the inventions of the authors

но-гусеничных систем, передней и задней гидро-навесок для составления многофункциональных агрегатов, применение принципиально новых машин и приспособлений к ним по изобретениям авторов

Ключевые слова: УПЛОТНЕНИЕ ПОЧВЫ, ПЛОДОРОДИЕ, МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ АГРЕГАТЫ, СИСТЕМА МАШИН, ЭНЕРГОЗАТРАТЫ, МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Keywords: SOIL COMPACTION, FERTILITY, MULTI-FUNCTIONAL UNITS, MACHINE SYSTEM, ENERGY CONSUMPTION, MECHANIZATION, EFFICIENCY

**Doi: 10.21515/1990-4665-146-003**

Ухудшение водно-воздушного режима дегумификация, обесструктурирование, переуплотнение черноземов зависит от их интенсивного использования и применяемых технологий возделывания. Становится очевидным, что продолжать введение сельского хозяйства на прежней основе (высокая химизация и энергоресурсозатратные технологии возделывания культур, отсутствие ландшафтного подхода к системам земледелия, эрозия и т.д.) значило бы окончательно разрушать плодородие уникальных почв [1]. Восстановлению почвенной структуры способствует применение органических удобрений, рациональное сочетание отвальных и безотвальных обработок, широкое применение известных эффективных экологичных агроприемов в сочетании с современными в науке и технике [1]. Разрушение структуры почвы применяемой техникой приводит к снижению ее плодородия и урожайности сельхозкультур, к увеличению энергозатрат. Так, например, безотвальная плоскорезная обработка почвы по сравнению с отвальной вспашкой приводит к ее переуплотнению, снижению содержания агрономических ценных фракций, увеличению засоренности полей. Отвальный плуг, имея много преимуществ перед плоскорезной обработкой, ухудшает процесс гумусообразования, поскольку гумус образуется исключительно в верхнем слое почвы [2]. Получение устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур невозможно без использования естественного плодородия почвы и его сохранения [2]. Интенсивный вынос питательных элементов из почвы и слабое гумусообразование – главная причина снижения плодородия почвы.

Учитывая высокую актуальность проблемы сохранения и приумножения плодородия почвы, правительством страны принят документ, направленный на повышение почвенного плодородия [3].

Современные машинные технологии в растениеводстве имеют много недостатков, связанных с уплотнением почвы, качеством выполняемых процессов, затратами труда, энергии, денежных средств, с нарушением экологической безопасности, отсутствием комплексности выполняемых полевых работ [4]. Все вышеизложенное требует новых подходов к совершенствованию технологий, улучшающих экологию, снижающих затраты, обеспечивающих комплексность полевых работ во взаимосвязанных технологических процессах и способствующих росту производительности труда. В данной статье на основании исследований авторов предложены направления сохранения плодородия почвы за счет снижения ее уплотнения машинно-тракторными агрегатами при выполнении полевых работ.

Многочисленными научными исследованиями установлено, что урожайность сельскохозяйственных культур снижается по колее тракторов, автомобилей, самоходных комбайнов на 19-37 %. Многочисленные проходы техники по полям разрушает структуру почвы, приводят к ее эрозии и снижению урожая. В почвах Краснодарского края в целом за год содержание гумуса снижается на 0,03 % [4]. В целях устранения переуплотнения почвы давление с.-х. машин при влажности 0,6 - 0,65 НВ не должно превышать 0,1 МПа на черноземных почвах, а при влажности более 0,7 НВ – не выше 0,05-0,07 МПа. На всех типах среднесуглинистых тяжелосуглинистых и глинистых почв на предпосевной обработке, посеве и других технологических операциях при влажности почвы выше 0,7 НВ следует применять гусеничные тракторы [5].

Однако рекомендации [6] по реализации весьма ценных агротехнических требований гусеничными тракторами уже устарели. Сами по себе, металлические гусеницы уже заменены резинокросовыми, т.к. меньше рас-

пылят почву (рис. 1а), а колесные тракторы для снижения уплотнения почвы оборудуют спаренными (рис. 1б) или даже строеными шинами или системой КГС (конверсионные гусеничные системы) (рис. 1в). КГС разработаны промышленностью также для самоходных комбайнов и для накопителей-перегрузчиков, которые используют на транспортировке зерна от комбайнов, на загрузке сеялок семенами и др. транспортных работах.

Удельное давление машины (например, комбайна) на грунт можно определить по известной формуле (1):

$$P_{\max} \leq 0,01(G_k + 750 \cdot V_{\delta}) / 0,49 \cdot \sum r_i b_i, \quad (1)$$

где  $P_{\max}$  - максимальное давление на почву, кПа;

$G_k$  - масса комбайна, кг;

$V_{\delta}$  - емкость бункера для зерна, м<sup>3</sup>;

$r_i$  - радиус опорных колес, м;

$b_i$  - ширина опорных колес, м;

0,01; 750; 0,49 – Эмпирические коэффициенты.

Нами выполнены расчеты для комбайна TORUM-740. Тогда формула (1) принимает вид:

$$P_{\max} = \frac{0,01(G_k + 750 \cdot V_{\delta} + G_{\text{КГС}})}{F_{\text{он}} + 0,24 \cdot v \cdot r}, \quad (2)$$

где  $G_{\text{КГС}}$  - масса двух конверсионно-гусеничных систем (КГС) на переднем ведущем мосту, кг;

$F_{\text{он}}$  - опорная площадь двух КГС, м<sup>2</sup>;

$0,24 \cdot v \cdot r$  - опорная площадь двух задних колес комбайна, м<sup>2</sup>.

Масса одной пары КГС составляет 2104 кг, а ее опорная площадь - 2,32 м<sup>2</sup>. Ширина заднего управляемого колеса комбайна TORUM-740  $b = 0,46$  м, радиус  $r = 0,07$  м. После подстановки данных в формулу (2) получим:

$$P_{\max} = 116,2 \text{ кПа} \quad (3)$$

С учетом полученных данных можно сделать вывод, что применение КГС только на переднем мосту комбайна TORUM-740 позволяет снизить его максимальное удельное давление до 116,2 кПа, что соответствует агротребованиям и устраняет вредное экологическое воздействие тяжелого комбайна (18т) на уплотнение и распыл почвы. Согласно исходным требованиям [5] удельное давление тяжелых машин на почву не должно превышать 150 кПа. Наше совершенствование снизило удельное давление на почву на 22,5 %.



a)



б)



в)

Рисунок 1 – Серийные системы снижения уплотнения почвы тракторами: а) резино-тросовые гусеницы; б) спаренные колеса; в) системы КГС [11].

Высокая эффективность снижения уплотнения почвы достигнута на самоходных опрыскивателях-удобрителях Туман-1 (рис.2).



Рисунок 2 – Опрыскиватель-удобритель Туман-1 на шинах – оболочках [11].

Оборудованная шинами – оболочками самоходная машина Туман-1 обеспечивает удельное давление на почву всего  $100 \text{ г/см}^2$ . Это оригинальное достижение, применяемое только у нас в России. Очень выгодно использовать этот агрегат на уходе за посевами зерновых колосовых и зернобобовых культур.

Следующим принципиально новым направлением снижения уплотнения почвы предлагается применение многофункциональных машинных агрегатов, совмещающих за один проход по полю выполнение нескольких технологических операций [7], т.е. выполнение заданного объема работ осуществляется комплексно и с меньшим числом проходов машин по полю.

На рисунке 3 представлены многофункциональные машинные агрегаты (МФА) для вспашки с одновременным посевом (рис. 3а), для обработки почвы с одновременным внесением жидких комплексных удобрений в почву (рис. 3б). Также снижает уплотнение почвы совмещение операций предпосевной обработки почвы и посева (рис. 4а), посева и внесения микроэлементов (рис. 4б) или удобрений, боронования посевов с одновременной подкормкой (рис. 5).

Разработанный нами многофункциональный пахотный агрегат (МФА) базируется на серийном оборотном плуге ПКШО (5+2), который выбран нами по двум причинам: 1) системой земледелия Краснодарского края [5] рекомендуются только гладкая вспашка оборотными плугами типа ПКШО; 2) Плуг ПКШО (5+2) снабжен оригинальными корпусами без полевых досок, а вместо них устойчивость движения обеспечивается конструкцией двухстороннего лемеха взамен стандартного. Отсутствующие в конструкции плуга приспособления для внесения минеральных удобрений, а также приспособления для крошения почвы и выравнивания поверхности поля компенсировано нашими разработками. Такой плуг будет отвечать всем требованиям системы земледелия [5].

Проводятся также научные исследования по комплексному проведению уборки урожая с одновременным выполнением сопутствующих работ также, базируясь на применении многофункциональных агрегатов [8, 9, 10]. Исследованиями Кубанского госагроуниверситета доказана возможность совмещения технологических операций на уборке зерновых с одновременным лушением стерни самоходным полноприводным комбайном (рис.6) и прицепным (рис.7).



a)





б)

Рисунок 3 – Многофункциональные агрегаты для вспашки с одновременным посевом (а) и для обработки почвы с внесением ЖКУ (б) [5].



а)



б)

Рисунок 4 – Многофункциональные агрегаты для обработки почвы и посева (а) и для посева с внесением микроэлементов (б) [11].



Рисунок 5 – Многофункциональный агрегат для боронования посевов с одновременной подкормкой [11].

Последний МФА усовершенствован нами за счет изменения конструкции пружинного зуба по нашему изобретению. Для снижения тягового сопротивления зуба пружинной бороны он снабжен косым срезом торца и двумя фасками на лобовой поверхности под углом, меньшим угла трения стали о почву. Проводится моделирование и оптимизация параметров зуба.



Рисунок 6 – Многофункциональный уборочный агрегат с одновременным лушением стерни (TORUM-740+БДЛ-7).

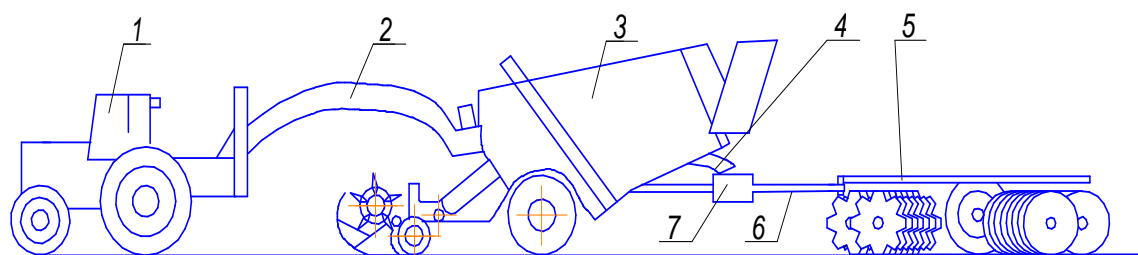


Рисунок 7 – Многофункциональный уборочный агрегат с прицепным комбайном и дисковой бороной

Экономическую эффективность МФА можно проследить на примере уборки зерновых колосовых с одновременным прессованием соломы по сравнению с раздельным выполнением технологических операций (таблица 1)

Таблица 1 – Экономическая эффективность технологии комплексной уборки пшеницы одновременно с прессованием соломы

Показатель	Значение показателя		Эффект	
	Существующая технология	Предлагаемая технология	Абсолютный	Относительный в %
Затраты труда, чел.-ч/га	2,6	1,6	-1,0	-37,8
Эксплуатационные затраты, руб./ га	7125	5924	-1209	-16,9
Металлоемкость, кг/га	69,0	44,3	27,7	-35,8
Энергоемкость, кВт-ч/га	311	239,0	-72,6	-23,3
Ожидаемый годовой экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат, руб./га		1209		

Согласно полученным расчетным данным (табл. 1) МФА позволяет повысить производительность труда (по экономии трудовых затрат) в 1,6 раза, снизить эксплуатационные затраты в 1,2 раза, металлоемкость – в 1,6 раза и энергоемкость – в 1,3 раза.

Многофункциональные агрегаты повышают также качество выполняемых работ. Например, на вспашке оборотным плугом (согласно системе земледелия [5] в нашем крае рекомендуется только гладкая вспашка оборотным плугом) даже визуально (рис.8) качество вспашки [11], разделанной прикатывающим катком (см. рис. 8 по ходу катка), существенно выше (см. неразделанный участок возле плуга).



Рисунок 8 – Качество вспашки почвы МФА [11]

Таким образом, предлагаемые многофункциональные агрегаты существенно улучшают технический прогресс в растениеводстве.

На основании выполненных исследований и анализа состояния проблемы снижения уплотнения почвы и сохранения ее плодородия, можно сделать следующие выводы:

1. Учитывая предлагаемые составы МФА и совершенствование рассмотренных в статье технологических процессов на базе совмещения опе-

раций, можно существенно снизить вредное уплотнение, разрушение почвы и сохранить ее плодородие. Например, применение КГС снижает удельное давление на почву на 22,5 %.

2. Предложены направления снижения уплотнения почвы: применение МФА, совмещение операций, отказ от тяжелой техники для механизации растениеводства (особенно тяжелых самоходных комбайнов), пересмотр системы машин, применение тракторов с передней и задней гидронавесками для составления МФА и снижения уплотнения почвы.

3. Новые инновационные разработки в соответствии с нашими изобретениями [12-14 и др.] улучшают базовые технологии в направлении сохранения плодородия почвы и снижения затрат всех видов (энергии, трудовых и денежных).

#### Список использованной литературы

1. Трубилин И.Т., Мамога Н.Г. и др. Сбалансированное сельское хозяйство на ландшафтной основе, агрокомплекс расширенного воспроизводства почвенного плодородия / научное обеспечение АПК Кубани: юбилейный выпуск научных трудов КубГАУ. – Краснодар, 2002. – 456с.
2. Астафьев В.Л., Бобков С.И., Алексенцев К.И. Орудия для заделки сидератов в поверхностный слой почвы в технологии органического земледелия / Тракторы и сельхозмашины. 2016. №6. – с.3.
3. АПК NEWS/ НОВОСТИ. E mail:info@apknews.ru. -№11 ноябрь, 2018.- с.17.
4. Маслов Г.Г. Перспективы комплексной уборки зерновых культур: монография / Г.Г. Маслов, А.В. Палапин, Н.А. Ринас.; Кубан. гос. аграр. ун.-т.- Краснодар, 2014. – 87 с.
5. Система земледелия Краснодарского края на агроландшафтной основе / Краснодар, 2015.- 352 с.
6. Системы земледелия в Краснодарском крае на 1990-1995годы и на период до 2000года. Рекомендации. – Краснодар, 1990. – 220 с.
7. Маслов Г.Г., Журий И.А. Перспективные составы машинно-тракторных агрегатов для совмещения операций тракторы и сельхозмашины. 2017. № 2. с. 47-52.
8. Липкович Э.И и др. Технология уборки зерновых культур с совмещением послеуборочных операций. / Тракторы и сельхозмашины. №12. 2010. – с. 48-50
9. Маслов Г.Г. Оптимизация продолжительности уборки озимой пшеницы многофункциональным агрегатом /Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 6. С. 48-51.
10. Maslov G.G., Trubilin E.I., Truflyak E.V. Parameters optimization for multifunctional aggregates in plant growing mechanization / Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. Т. 7. № 3. С. 1919-1926
11. Автоматизированная справочная система «Сельхозтехника».

12. Маслов Г.Г., Плешаков В.Н. Оценка технического уровня зерновых сеялок и посевных комплексов / Техника в сельском хозяйстве. 2000 №6. – с. 19-22.

13. Штанговый малообъемный опрыскиватель для обработки полевых культур (Маслов Г.Г. и др. Пат. на изобретение Rus 2060661/

14. Опрыскиватель ультрамалообъемный / Маслов Г.Г., Борисова С.М., Мечкало А.Л. Пат Rus 2227455

### References

1. Trubilin I.T., Mamoga N.G. i dr. Sbalansirovanoe sel'skoe khozyajstvo na landshaftnoj osnove, agrokomplesk rasshirenogo vosproizvodstva pochvennogo plodorodiya / nauchnoe obespechenie APK Kubani: yubilejnyj vy`pusk nauchny`x trudov KubGAU. – Krasnodar, 2002. – 456s.

2. Astaf`ev V.L., Bobkov S.I., Aleksencev K.I. Orudiya dlya zadelki sideratov v poverxnostny`j sloj pochvy` v tehnologii organicheskogo zemledeliya / Traktory` i sel'xozmashiny`. 2016. №6. – s.3.

3. APK NEWS/ NOVOSTI. E mail:info@apknews.ru. -№11 noyabr`, 2018.- s.17.

4. Maslov G.G. Perspektivy` kompleksnoj uborki zernovy`x kul'tur: monografiya / G.G. Maslov, A.V. Palapin, N.A. Rinas.; Kuban. gos. agrar. un.-t.- Krasnodar, 2014. – 87 s.

5. Sistema zemledeliya Krasnodarskogo kraja na agrolandshaftnoj osnove / Krasnodar, 2015.- 352 s.

6. Sistemy` zemledeliya v Krasnodarskom krae na 1990-1995sgody` i na period do 2000goda. Rekomendacii. – Krasnodar, 1990. – 220 s.

7. Maslov G.G., Zhurij I.A. Perspektivny`e sostavy` mashinno-traktorny`x agregatov dlya sovmeshheniya operacij traktory` i sel'xozmashiny`. 2017. № 2. s. 47-52.

8. Lipkovich E`.I i dr. Tehnologiya uborki zernovy`x kul'tur s sovmeshheniem posleuborochny`x operacij. / Traktory` i sel'xozmashiny`. №12. 2010. – s. 48-50

9. Maslov G.G. Optimizaciya prodolzhitel`nosti uborki ozimoj pshenicy mnogofunkcional`ny`m agregatom /Traktory` i sel'xozmashiny`. 2016. № 6. S. 48-51.

10. Maslov G.G., Trubilin E.I., Truflyak E.V. Parameters optimization for multifunctional aggregates in plant growing mechanization / Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. T. 7. № 3. S. 1919-1926

11. Avtomatizirovannaya spravochnaya sistema «Sel'xoztexnika».

12. Maslov G.G., Pleshakov V.N. Ocenka texnicheskogo urovnya zernovy`x seyalok i posevny`x kompleksov / Texnika v sel'skom khozyajstve. 2000 №6. – с. 19-22.

13. Shtangovy`j maloob`emny`j opry`skivatel` dlya obrabotki polevy`x kul'tur (Maslov G.G. i dr. Pat. na izobretenie Rus 2060661/

14. Opry`skivatel` ul`tramaloob`emny`j / Maslov G.G., Borisova S.M., Mechkalo A.L. Pat Rus 2227455